

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»
УДК 621.74.046

До захисту допущено
Завідувач кафедри
М.М. Ямшинський
(ініціали, прізвище)

(підпис)

“ 07 ” грудня 2018 р.

Магістерська дисертація

за спеціальністю 136 Металургія

на тему: Модифікування розплаву чавуну у ливарній формі при виробництві
двошарових виливків з поетапним заливанням

Виконав: студент 6 курсу, групи ФЛ-71мп

Кошіль Артем Владиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

ас. Лук'яненко І. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з
експериментальної частини

к.т.н., доц. Фесенко М.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони
праці та безпеки в
надзвичайних ситуаціях

к.т.н., доц. Зацарний В.В.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з економічно-
організаційної частини

к.е.н., доц. Глущенко Я.І.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант
з нормоконтролю

к.т.н., доц. Федоров Г.Є.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

с.т.викл. Прилуцкий М.І.

(науковий ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 р.

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

Факультет інженерно-фізичний

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 136 Металургія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.М. Ямшинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“07” _____ грудня 2018 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Кошілю Артему Владиславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Модифікування розплаву чавуну у ливарній формі при виробництві двошарових виливків з поетапним заливанням», науковий керівник Лук'яненко Іван Віталійович, асистент, затверджені наказом по університету від «09» листопада 2018 року №4127-с
2. Строк подання студентом дисертації: 07 грудня 2018 року
3. Об'єкт дослідження: двошарові чавунні виливки з зносостійкою робочою частиною з білого чавуну та в'язкою ударостійкою монтажною частиною з високоміцного чавуну з кулястим графітом.
4. Предмет дослідження: технологічні процеси виробництва двошарових чавунних виливків методом внутрішньоформеного модифікування з поетапним заливання одного вихідного розплаву.
5. Перелік питань, які потрібно розробити: 5.1 Обґрунтувати та вибрати сфероїдизувальні модифікатори для внутрішньоформового оброблення вихідного чавуну, схильного до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням для стабільного отримання в одній частині виливка високоміцного чавуну з кулястою формою графіту; 5.2 Дослідити вплив конструкцій ливниково-модифікувальних систем на формування структури у двошарових виливках; 5.4 Виготовити зразки; 5.5 Визначити вплив часу витримання між етапами заливання форми на структуроутворення та властивості двошарових виливків; 5.6 Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; 5.7 Розробити організаційно-економічну частину роботи; 5.8 Сформулювати загальні висновки та рекомендації.

6. Перелік ілюстративного матеріалу: Презентація (24 слайди)

7. Перелік публікацій: 7.1 Литі біметалеві втулки із зносостійким композиційним шаром / І.В. Лук'яненко, А.В. Кошіль, М.А. Фесенко // X Міжнародна науково-технічна конференція Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2018: матеріали науково-технічної конференції, 24...25 квітня 2018 р., м. Київ. –с. 107 – 108.

8. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зацарний В.В., доцент		
Економічно-організаційна частина	Глущенко Я.І., доцент		
Нормоконтроль	Федоров Г.Є., доцент		

9. Дата видачі завдання 3 вересня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Переддипломна науково-дослідна практика	03.09...28.10.2018р.	
2	Опрацювання та аналіз літератури за темою Дослідження	03.09...10.10.2018р.	
3	Оптимізація методики дослідження	04.09...10.09.2018р.	
4	Планування та реалізація експериментів	14.09...04.10.2018р.	
5	Виготовлення зразків, їх дослідження та аналіз Результатів	16.09...12.11.2018р.	
6	Виконання організаційно-економічної частини	21.11...27.11.2018р.	
7	Виконання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	25.11...30.11.2018р.	
8	Виконання ілюстративної частини роботи	01.12...03.12.2018р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	02.12...05.12.2018р.	
10	Подання дипломної роботи до захисту	07.12.2018р.	
11	Рецензування дипломної роботи	07.12...09.12.2018р.	
12	Захист дипломної роботи	19.12.2018р.	

Студент

Науковий керівник

(підпис)_____
(підпис)Кошіль А.В.

(прізвище та ініціали)

Лук'яненко І.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 124 с., 56 рис., 13 табл., 22 посилання.

Метою роботи є дослідження технологічного процесу внутрішньоформового модифікування для виробництва двошарових виливків поетапним заливанням одного вихідного розплаву.

Об'єкт дослідження – двошарові чавунні виливки з зносостійкою робочою частиною з білого чавуну та в'язкою ударостійкою монтажною частиною з високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Предмет дослідження – технологічні процеси виробництва двошарових чавунних виливків методом внутрішньоформового модифікування з поетапним заливанням одного вихідного розплаву.

Результати досліджень:

Обґрунтовано та вибрано хімічний склад вихідного чавуну, вибрано модифікатори для проведення внутрішньоформового графітизувального та сфероїдизувального модифікування. Запропоновано технологічні варіанти виготовлення двошарових чавунних виливків способом послідовного заливання чавунного розплаву через незалежні ливникові системи в одну ливарну форму. Досліджено вплив часового інтервалу між послідовними заливаннями ливарної форми та вплив конструкції ливникової системи на формування чавунного виливка з диференційованою структурою. Встановлено параметри технологічного процесу для виробництва цих виливків. Перевірено та підтверджено можливість реалізації запропонованої технології на промисловому виливку у лабораторних умовах.

Ступінь впровадження – лабораторні випробування.

Область застосування – виготовлення виробів з диференційованими властивостями, що працюють в умовах абразивного та ударно-абразивного середовища методами внутрішньоформового модифікування.

ВНУТРІШНЬОФОРМОВЕ МОДИФІКУВАННЯ, БІЛИЙ ЧАВУН,
ВИСОКОМІЦНИЙ ЧАВУН, ЛИВНИКОВА СИСТЕМА, СІРИЙ ЧАВУН,
ДВОШАРОВИЙ ВИЛИВОК

ABSTRACT

Master's dissertation: 124 pp., 56 pixels, 13 tables, 22 references.

The aim of the work is to investigate the technological process of in-mold modification for the production of two-layer castings by the phase-out filling of one output melt.

The object of the study is two-layer cast-iron castings with a wear-resistant working part made of white cast iron and a viscous impact-resistant mounting piece made of high-strength iron with spherical graphite.

The subject of research - technological processes of production of two-layer cast-iron castings by the method of in-form modification with potpourri pouring of one output melt.

The objectives of the study are:

The chemical composition of the pig iron was substantiated and selected, modifiers for intraformal graphitization and spheroidal modification were selected. Technological variants of manufacturing of two-layer cast-iron castings are offered by means of a continuous casting of a cast-iron melt through independent flood systems in a single casting mold. The influence of the time interval between successive casting molding and the influence of the structure of the shower system on the formation of pig iron with a differentiated structure has been investigated. The parameters of the technological process for the production of these castings are established. The possibility of implementing the proposed technology for industrial casting in laboratory conditions has been checked and confirmed.

Degree of implementation - laboratory tests.

IN-MOLD MODIFICATION, WHITE IRON, DUCTILE IRON, GATING SYSTEM, TWO-LAYER CASTING, GREY CAST IRON

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БЧ – білий чавун

СЧ – сірий чавун

ВЧ – високоміцний чавун

НВ – твердість за методом Брінелля

мас. ч. – масова частина

РЗМ – рідкісноземельні метали

с – секунда

год – година

ВСТУП

Матеріали з диференційованими властивостями є важливим класом композитів, що володіють широким спектром і унікальним поєднанням таких цінних властивостей, як висока міцність, корозійна стійкість, електро- і теплопровідність, жароміцність, зносостійкість та ін. Сьогодні ці матеріали знаходять все більше застосування в суднобудуванні, автомобілебудуванні, приладобудуванні, металургійному, гірничодобувному, нафтовому, сільськогосподарському та інших галузях машинобудування. З полі- і біметалів виготовляють листи, стрічки, прутки, дроту, труби, фасонні профілі, деталі і конструкції різної конфігурації. Застосування шаруватих металевих композицій дозволяє не тільки підвищити надійність і довговічність великої номенклатури деталей і обладнання, а й істотно скоротити витрату високолегованих сталей, дефіцитних і дорогих кольорових металів (нікель, хром, мідь, молібден та інші), знизити енергоємність і металоємність, витрати на технічне обслуговування, виробництво запчастин і ремонт обладнання.

За функціональними ознаками всі вироблені в даний час шаруваті композити поділяються [1, 2] на наступні види: корозійностійкі антифрикційні, електротехнічні (провідникові і контактні), інструментальні, зносостійкі, термобіметали, біметали для глибокої витяжки і побутових виробів.

Зносостійкі біметали виходять за допомогою різних методів лиття та іншими рідко- і твердофазних способами: ливарним плакуванням, пакетною прокаткою, зварюванням вибухом, наплавленням та інші. Ливарні технології, і особливо безперервна і напівбезперервне розливання, є одним з найбільш перспективних методів виробництва заготовок із шаруватих зносостійких композитів, так як характеризуються високою продуктивністю і найменшим витратним коефіцієнтом металу в порівнянні з пакетною прокаткою і зварюванням вибухом.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	12
1.1 Технологічні схеми отримання композитів.....	12
1.2. Ливарні властивості чавуну із кулястим графітом, який отриманий методом внутрішньоформового модифікуванням	30
1.2.1 Усадка.....	30
1.2.2 Рідкотекучість.....	39
2 МЕТОДИКА ДОЛІДЖЕННЯ.....	44
2.1 Об'єкти дослідження.....	44
2.2 Виплавлення вихідного схильного до кристалізації за метастабільною системою чавуну.....	46
2.3 Заливання вихідного металу.....	48
2.4 Вибір модифікатора для внутрішньоформового оброблення розплаву	50
2.5 Виготовлення і заливання форми.....	51
2.6 Вивчення макроструктури, мікроструктури та мікротвердості чавунних зразків.....	53
2.7 Вимірювання твердості зразків.....	58
2.8 Дослідження хімічного складу чавунів.....	60
2.9 Висновки.....	62
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	64
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	76
4.1 Аналіз основних шкідливих чинників.....	77
4.1.1 Мікроклімат.....	79
4.1.2 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	81
4.1.3 Освітлення.....	82

4.1.4	Перевірочний розрахунок штучного освітлення.....	83
4.1.5	Розрахунок природного освітлення.....	85
4.2	Розроблення заходів по нормалізації умов праці та усунення небезпечних та шкідливих чинників.....	87
4.2.1	Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук.....	87
4.2.2	Виробничі випромінювання.....	88
4.2.3	Аналіз електробезпеки.....	90
4.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	92
4.3.1	Пожежна безпека.....	95
4.3.2	Надання першої медичної допомоги при опіках.....	98
4.4	Висновки.....	99
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	100
5.1	Науково–технічна актуальність теми дослідження.....	100
5.2	Мета і завдання НДР.....	101
5.3	Розрахунок планової собівартості проведення дослідження.....	102
5.3.1	Визначення заробітної плати науково-дослідницького персоналу.....	102
5.3.2	Визначення розміру єдиного соціального внеску.....	104
5.3.3	Визначення вартості матеріалів і напівфабрикатів для виконання НДР.....	105
5.3.4	Визначення вартості спеціального обладнання і приладів.....	105
5.3.5	Визначення вартості робіт і послуг сторонніх організацій.....	106
5.3.6	Визначення витрат на службові відрядження.....	106
5.3.7	Визначення інших прямих неврахованих витрат.....	106
5.3.8	Визначення накладних витрат.....	106
5.3.9	Визначення планової кошторисної вартості НДР.....	107
5.4	Визначення очікуваних результатів НДР та розрахунок показників економічної ефективності.....	107
5.5	Висновки до розділу 5.....	111

6 БІЗНЕС–ПРОЕКТ.....	112
6.1 Склад команди.....	112
6.2 Назва проекту.....	112
6.3 Короткий опис проекту.....	112
6.4 Бізнес-модель.....	113
6.4.1 Цінний продукт.....	113
6.4.2 Сегмент споживачів.....	113
6.4.3 Канали збуту.....	114
6.4.4 Взаємодія із споживачами.....	114
6.4.5 Прибуток (монетизація)	114
6.4.6 Ключові види діяльності.....	114
6.4.7 Ключові ресурси.....	114
6.4.8 Ключові партнери.....	115
6.4.9 Витрати.....	115
6.5 Споживчі властивості товару.....	115
6.6 Дослідження ринку.....	115
6.7 Дослідження конкурентного оточення.....	116
6.8 Маркетингова стратегія просування.....	116
6.9 Елементи фінансового плану.....	116
6.9.1 Опис бізнес – проекту.....	116
6.9.2 Опис товару/ послуги/ технології.....	117
6.9.3 Маркетинг та продаж.....	117
6.9.4 Фінансовий план.....	117
6.9.5 Резюме.....	118
6.10 Висновки до розділу 6.....	120
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	122
ДОДАТКИ.....	124

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Технологічні схеми отримання композитів

Усі способи отримання композитних матеріалів підрозділяються на твердофазні, рідкофазні та осадження. Роздивимось основні технологічні схеми вказаних груп.

Твердофазні способи полягають у попередньому змішуванні (з'єднанні) армуючих елементів і матриці та їх наступному компонуванню у вироби за допомогою гарячого пресування, кування, прокату, дифузійним зварюванням, екструдкуванням та інших методів [1, 2, 3].

Для виготовлення композиційних матеріалів, які армуються високоміцними частинками, безперервними і короткими волокнами, а також матами і сітками із волокон, найбільше використання знаходять твердофазні методи порошкової металургії. Ці методи дозволяють отримувати композити із заданою поруватістю, у широкому діапазоні змінювати концентрацію зміцнюючого компонента. До недоліків цих методів слід віднести труднощі рівномірного розподілення армуючої фази у об'ємі матриці у ході підготовки шихти, а також можливість пошкодження крихкої арматури волокон при компактуванні. Підготовка шихти здійснюється механічним і хімічним змішуванням порошку матричного матеріала з існуючими волокнами або частинками. Для збільшення густини матеріалу шихти, придання деталі необхідної форми і розмірів здійснюється за допомогою пресування на пресах або молотів, гідростатичним способом, прокатом, екструзією або за допомогою вібрації або вибуху.

У разі пресування у прес-формах тиск на шихту передається через пуасони. У процесі пресування між порошкоподібним матеріалом і стінками форми виникають сили тертя, зростаючі зі збільшенням тиску пресування, що призводить до значного перепаду тиску по висоті пресовки, а також до нерівномірності ущільнення порошку. Поява нерівномірності ущільнення і

дефектів заготовок може бути викликано також пружними і пластинчастими напругами, які виникають у процесі пресування. Ці недоліки у меншій мірі відносяться до методу ізостатичного гарячого пресування [2]. Для гідростатичного пресування характерне відсутність зовнішнього тертя, із-за цього нерівномірність густини по об'єму заготовки значно менше аналогічній густині при звичайному пресуванні. Цей метод використовується для отримання деталей складної конфігурації.

У процесі екструзії відбувається обтискання і прошовнення заготовок із шихти композиційного матеріала. Заготовки можуть бути із сумішей волокон і порошків зі зв'язками-пластифікаторами (в'язкими речовинами типу розчину бекеліту, парафіну та інші). Пластифікатор зв'язує пластинки які витягуються і утворює сприятливі умови для витікання формуючої маси через мундштук. При спінюванні-пресуванні або гарячому пресуванні використовуються нагріті заготовки із шихти армуючого матеріала. Цим методом отримують довговимірні вироби різного профілю - прутки, труби, вуголки (куточки) та інші. Основний недолік способу екструзії - сильна пошкоджуваність армуючих волокон під час ущільнення.

При гарячому пресуванні процеси пресування і спікання об'єднанні. Завдяки нагріванню до температур, складаючих 0,5...0,8 температури плавлення матриці, ущільнення шихти набагато інтенсивніше, чим при роздільних операціях пресуванні і спікання. У випадку гарячого пресування зовнішній тиск сумується з капілярним, який обособлює вільне спікання порошку. Цим методом вдається отримувати практично безпоруваті вироби.

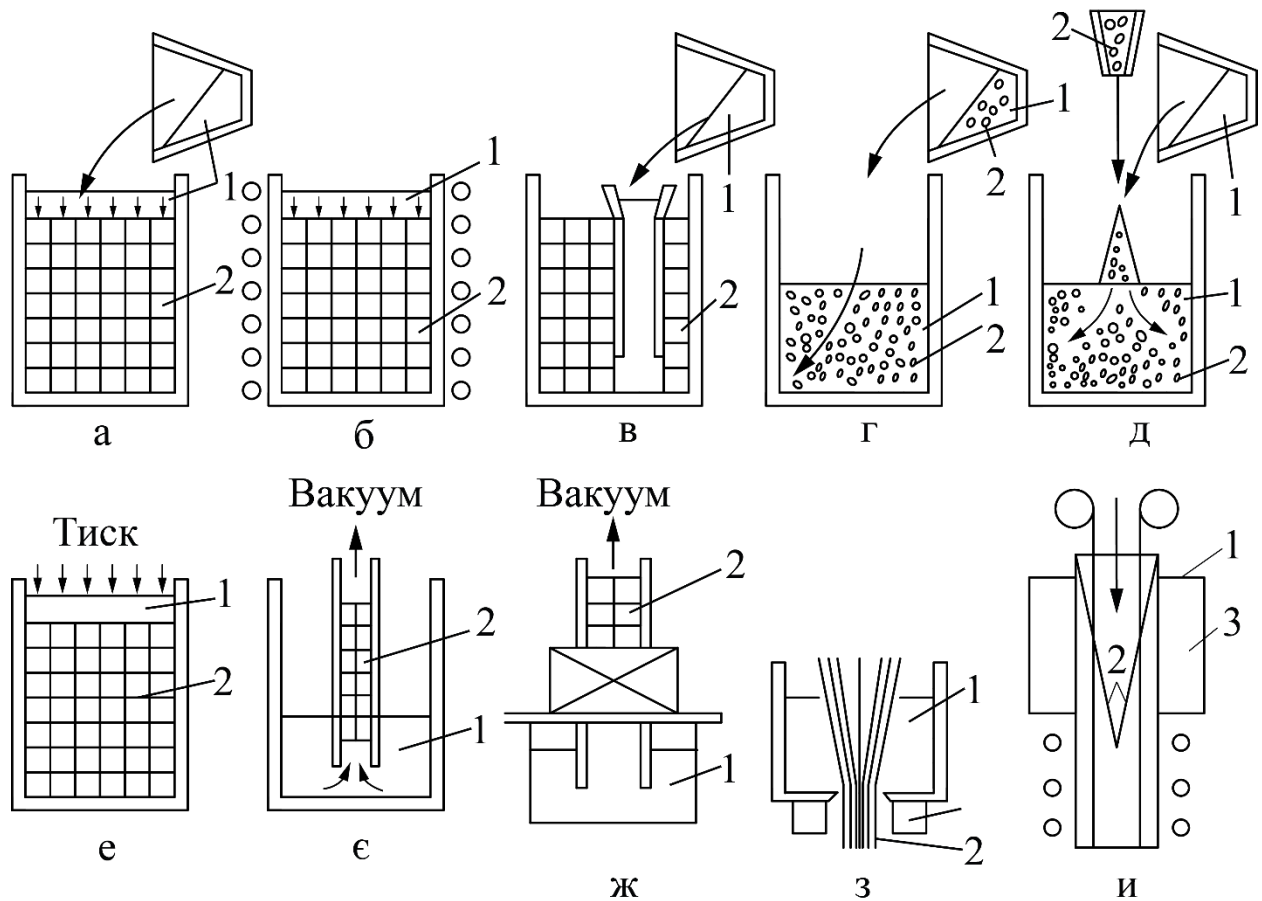
Найбільш ефективний процес отримання композиційних матеріалів методом твердофазного об'єднання армувальних листів і стрічок є технологія безперервного компактування з використанням прокату або дифузійного зварювання [1, 2, 3]. За цією технологією між валками прокатного стану ущільнюється до компактного стану або метричні стрічки і арматури у вигляді безперервних волокон (сіток, матів), або ж стрічки "G" розташованні між ними дисконтними волокнами.

Найбільшого використання отримує зварювання вибухом - основний спосіб отримання шаруватих композитів, при якому сполука утворюється у твердій фазі [4].

Метод не потребує нагрівання перед деформацією, що дозволяє зберігати гарну міцність армуючих волокон. Зварювання вибухом використовується для виготовлення багатошарових листів, смуг, циліндричних заготовок, виробів із композиційних матеріалів, які армувалися волокнами та інші. У результаті детонації вибухової речовини відбувається зіткнення пластини, яка хаотично рухається, і заготовки. При цьому має місце значна пластинчата деформація поверхневих шарів і їх місцеве адіабатичне нагрівання, яке призводить до утворення міцної звареної сполуки окремих пластин. Основними проблемами, які виникають при плануванні вибухом, є поява непроварів (не зварювання) по периметру, а також розтріскування зварюваних плит, що особливо характерно при з'єднанні товстолистових великогабаритних установок.

В останні роки отримують розвиток методи синтезу композиційних матеріалів нанесенням на підложку чергуються шарів матриці і арматури, тобто. методами осадження. Існує кілька способів отримання композитів нанесенням покриттів: плазмовим напиленням, електролітичним осадженням, осадженням з газової фази, вакуумним, емісійним і іншими методами.

Рідкофазні методи мають ряд істотних переваг, головні з яких: можливість отримання композиційних виробів складної конфігурації з мінімальною наступною механічною обробкою або взагалі без неї; обмежене силове вплив на тендітні компоненти; широкий номенклатура компонентів, використовуваних для створення композитів; спрощене апаратного забезпечення: висока продуктивність; можливість механізації, автоматизації та реалізації безперервних технологічних процесів. Крім цього, за допомогою рідкофазного методу можна виготовляти такі композиції, які іншими методами або неможливо виготовити, або нераціонально.



а – заливання матричним розплавом ливарну форму з попередньо встановленою арматурою; б – ізотермічне просочення; в – сифонне заливання арматури матричним розплавом; г – лиття гетерогенного розплаву; д – суспензійне заливання; е – лиття під тиском; є – лиття вакуумним всмоктуванням; ж – лиття з комплексним електромагнітним і вакуумним впливом; з – просочення способом безперервного лиття; и – безперервне лиття з введенням арматури, яка не розплавляється (1 – розплав; 2 – армуючі елементи; 3 – кристалізатор)

Рисунок 1.1 – Схеми отримання виробів з композиційних матеріалів методами лиття

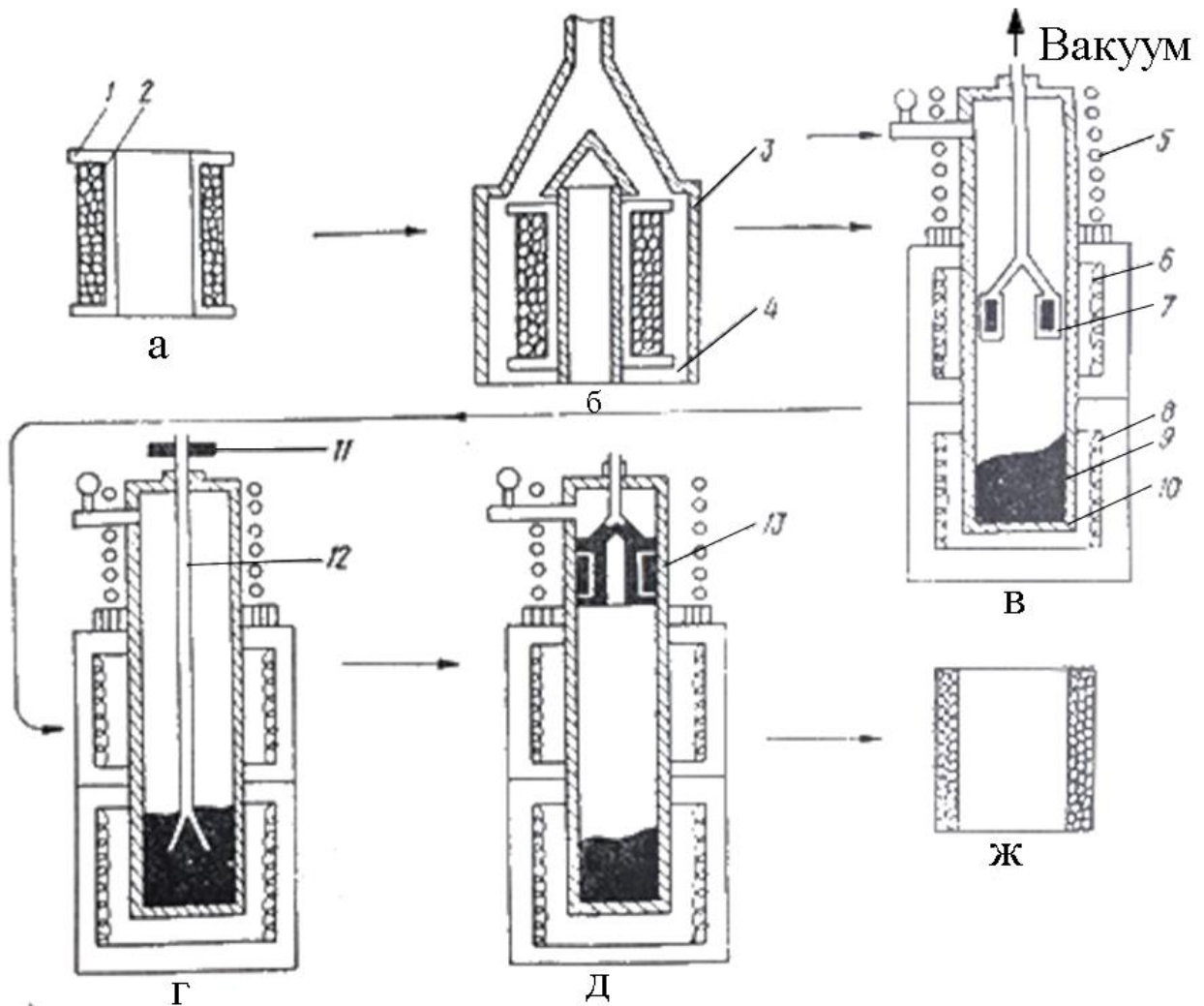
З використанням ливарних технологій композиційні матеріали отримують двома способами: з'єднанням твердої і рідкої фази, а також з'єднанням різних компонентів, що знаходяться в рідкому стані.

Процес з'єднання твердої і рідкої фаз здійснюється в наступному порядку (див. рис.1.1): розміщення (укладання, установка) армуючих елементів в порожнину ливарної форми перед заливанням матричних розплавом (рис. 1.1, а, б, в); заливання у ливарну форму гетерогенного матричного розплаву, що містить армуючі елементи, приготованого в спеціальному агрегаті (ковші) (рис. 1.1, г); введення армуючих елементів в матричний розплав у процесі заливання його у кристалізатор або в ливарну форму (рис. 1.1, д, и); збірка (намотування) армуючих елементів в присутності рідкого матричного сплаву (рис. 1.1, з).

Технологічний процес отримання виробів рідкофазним суміщенням компонентів складається з наступних основних етапів: підготовки компонентів (калібрування, очищення і плакування поверхні, надання армуючої конструкції необхідної форми, конфігурації); збірки, розміщення в порожнині форми арматури або введення армуючих елементів в розплав; заливки матричних розплавом, просочення; витримки для затвердіння рідкої фази в умовах накладення зовнішніх впливів або без них; виймання з форми; термічної і механічної обробки композиційних виробів. Часто лиття композитів по одному з етапів ливарної технології називають просоченням [2, 5].

Рисунок 1.2 ілюструє послідовні етапи виготовлення виробів з композиційного матеріалу методом вакуумно-компресійного лиття [6]. Основа деталі з намотаним на неї армуючими волокнами встановлюється в тонкостінну ливарну металеву форму, внутрішня порожнина якої відповідає конфігурації одержуваного виробу. Форма поміщається в верхню термічну піч, а в нижню плавильну піч (чаша) укладається шихта матричного сплаву. Зібрана форма вакуум-вмираючи і нагрівається, одночасно в нижній печі розплавляється матричний сплав, в простір печі під тиском подається стиснене аргон. Форма опускається в рідкий метал, який під тиском через спеціальні отвори надходить всередину і заповнює (просочує) зазори між армуючими волокнами. Після закінчення просочення сюрмен піднімається вгору, де розташований зовнішній холодильник, рідка фаза кристалізується, виріб охолоджується і витягується з

форми. Пристрій форми передбачає виведення усадочної раковини з робочої частини виробу в своєрідну прибуткову надставку.



а – намотування армуючих волокон на циліндричну основу;

б – установка арматури в ливарну форму;

в – попереднє нагрівання;

г – просочення матричним розплавом;

д – охолодження;

ж – виймання готового виробу;

1 – основа деталі; 2 – армувальне волокно; 3 – вакуумувальна ливарна форма; 4 – тонкостінне дно (0,15 мм); 5 – холодильник; 6 – піч попереднього нагрівання; 7 – ливарна форма в зборі; 8 – плавильна піч; 9 – матричний розплав

Рисунок 1.2 – Послідовність виготовлення одного виробу з композиту методом вакуумно-компресійного лиття

Важливу роль в описаному процесі відіграє підігрів арматури. Якщо температура підігріву недостатня, то можлива неповна просочення матричних розплавом, освіта пір, неоднорідною недосконалою зв'язку за висотою виробу.

У процесі формування і кристалізації заготовки для підвищення якості композиційних виробів, усунення недосконалостей литої структури застосовується накладення різного виду зовнішніх впливів: тиск, вібрація, ультразвукові або електромагнітні коливання і т. д. Наприклад, вакуумування (див. рис. 1.1, є) захищає армуючі елементи від окислення, покращує змочування і розтікання, зменшує час контакту арматури з рідкою фазою, покращує властивості виробів і стабілізує їх.

Методом вакуумного всмоктування отримують, наприклад, композиційні виливка з жароміцного сплаву, армовані вольфрамовими волокнами [1].

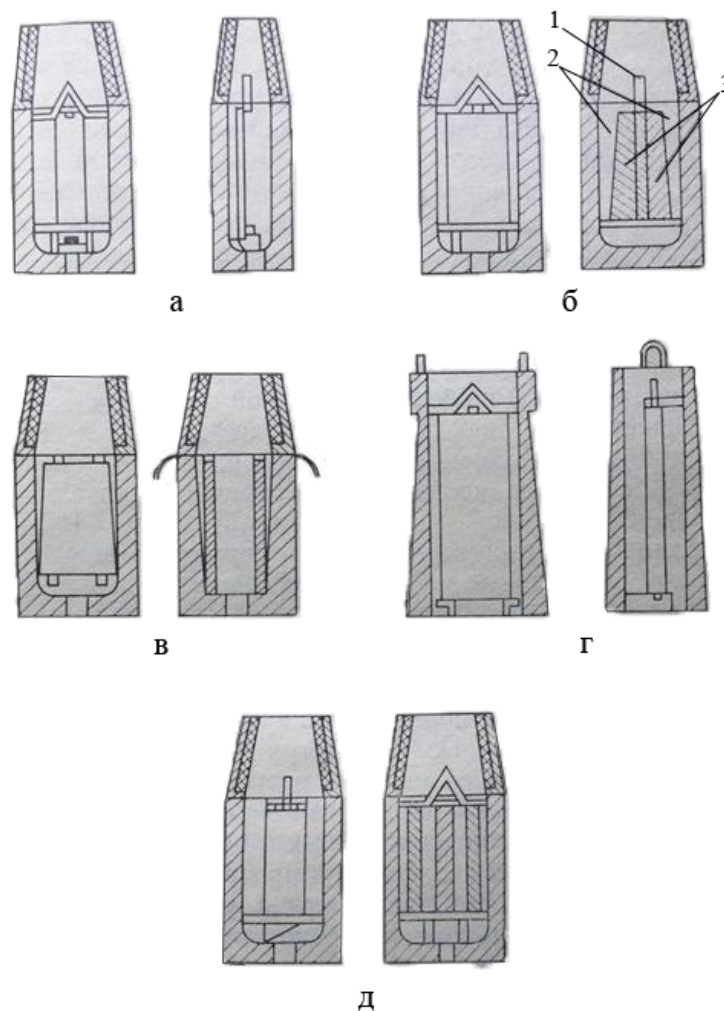
Вакуумне всмоктування відбувається з великою швидкістю і у ряді випадків потік рідкого металу може викликати ерозійне руйнування поверхні армуючих волокон. Усунути це небажане явище дозволяє метод лиття з комплексним електромагнітним і вакуумним впливом (див. Рис. 1.1, ж), яке дозволяє за допомогою електромагнітного поля регулювати швидкість руху розплаву при заливці і просочення [5]. Для збереження армуючими волокнами початкової міцності час їх контакту з розплавленим матричних сплавом по можливості скорочують.

Литтям під тиском можна отримувати деталі складної конфігурації, тонкостінні (товщина стінок 1...3 мм), при цьому їх форма і розміри максимально наближені до готового виробу і часто не вимагають додаткової механічної обробки, що є важливою перевагою ливарної технології.

Одним з найбільш поширених методів отримання багат шарового металу є так зване лите плакування - заливка рідким металом твердих армуючих

елементів, попередньо розміщених і закріплених в ливарній формі або виливниці [7, 8].

Розташування армуючих елементів, їх геометрія, маса по відношенню до металу, який заливається, і інші параметри армування можуть бути різними (рис. 1.3). Рідкий метал можна заливати, як сифоном, так і зверху. Заливкою рідкої сталі в виливниці до встановлених попередньо армуючими вставками отримують багатошаровий зливкок, з якого після прокатки і обрізки крайок виготовляють багатошарові листи. Наприклад, для отримання біметалічного плакувального листа сляб з легованої корозійностійкої сталі з попередньо



а – заливка армуючої вставки з усіх боків для отримання біметалу;
 б – установка арматури з спарених пластин; в - армування для отримання тришарового металу; г – отримання тришарового металу при розміщенні

армуючої вставки в центрі злитка; д - отримання Поліметалу армуванням злитка трьома пластинами; 1 – матричний метал; 2 – ізоляція; 3 – армована вставка

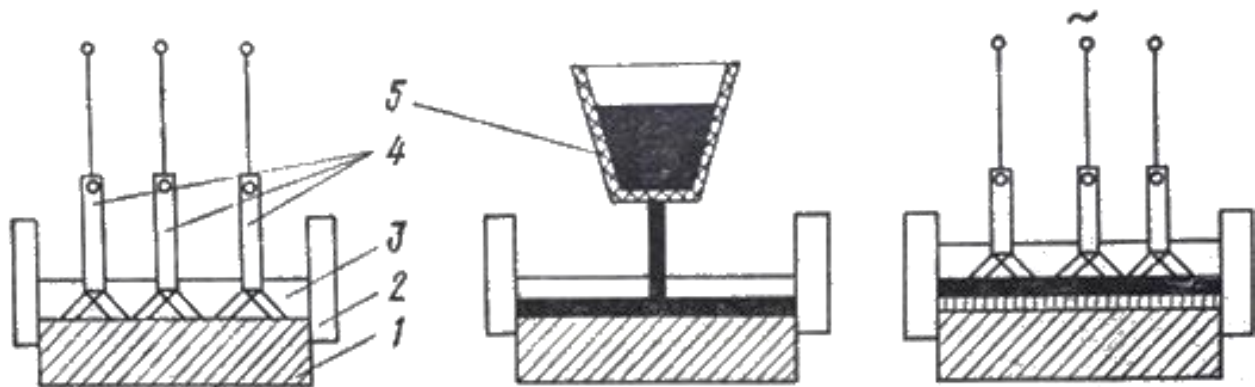
Рисунок 1.3 – Різні варіанти армування злитків при отриманні багатошарового металу литим плакуванням

проструганою і знежиреною поверхнею встановлюється на деякій відстані від стінки виливниці за допомогою приварених стрижнів (див. рис. 1.3, а). Потім проводиться сифонна заливка в виливницю рідкої вуглецевої сталі. Розплав, що заповнив проміжок між армуючою вставкою і стінкою виливниці, утворює захисний шар, що оберігає поверхню сляба від окислення. На рис. 1.3, б представлена схема армування двома слябами з корозійностійкої сталі, встановленими в центрі виливниці, розділеними по поверхні зіткнення вогнетривкої мастилом, що запобігає їх зварювання. По периметру сляби можуть бути скріплені електрозварюванням. У результаті прокатки такого сляба виходять два біметалевих листа. Для отримання тришарових і багатошарових листів використовуються схеми армування, наведені на рис. 1.3, в, г. Цей спосіб використовується для отримання багатьох біметалів: корозійностійких, антифрикційних, інструментальних, термобіметалів та інші. Існують також способи одержання біметалу заливанням розплаву у форму безпосередньо на плакувальну поверхню виробу, пластин. Ця технологія широко застосовується для відновлення зношених деталей механізмів і машин [9].

В роботі [10] описаний спосіб отримання шаруватих композитів з використанням електрошлакового обігріву (ЕШО), який дозволяє отримувати біметал з надійним з'єднанням незалежно від товщини металу, що прокочується. Послідовність технологічних операцій показана на рис. 1.4.

Заготовка (сляб, поковка, виливок) з вуглецевої або низьколегованої сталі поміщається в кристалізатор. На поверхню заготовки заливається виплавлений у шлакоплавильній печі шлак, який утворює жужільну ванну. За допомогою невитратних (графітизованих) електродів поверхню плакувальної заготовки

нагрівають до температури, при якій відбувається сплавом різнорідних металів. В процесі ЕШО поверхню заготовки очищається від окалини і забруднень, що виключає необхідність попередньої механічної обробки і інші види її підготовки. Після досягнення певної температури на заготовку заливається легована сталь, отримана в будь-якому сталеплавильному агрегаті за традиційною технологією. Необхідна оптимальна температура плакувальної поверхні, захист її від окислення забезпечують надійне сплавлення верств металу. Залитий другий шар кристалізується за заданим режимом регулюванням температури шлакової ванни і часу проведення ЕШО. При цьому не допускається утворення дефектів усадкового характеру в металі плакувального шару. Застосування методу плакування з використанням ЕШО дозволяє розширити можливості композиції різних елементів для отримання заданого поєднання властивостей, заощадити високолеговані сталі, підвищити якість виробів з біметалу.



1 – плакувальна заготовка; 2 – кристалізатор; 3 – шлакова ванна;
4 – невитратні електроди; 5 – легована сталь

Рисунок 1.4 – Схема отримання біметалевих заготовок з використанням електрошлакового обігріву

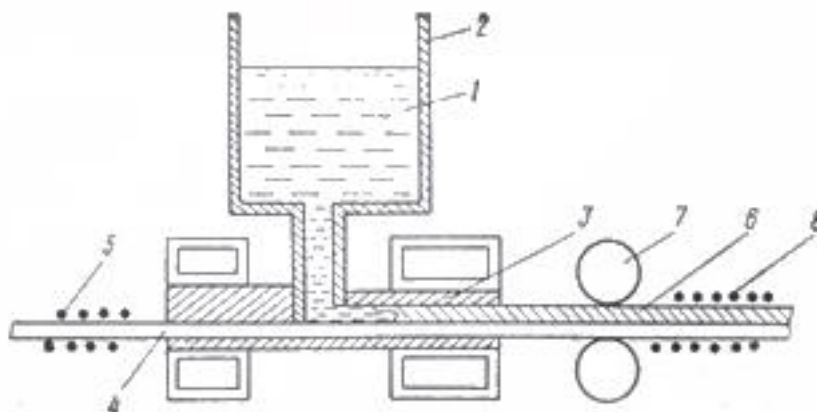
Широкий розвиток отримало ливарне плакування втулок, циліндрів, трубних заготовок за допомогою відцентрового лиття [11]. Існують різні варіанти технології: послідовна заливка шарів металів або сплавів у виливницю

відцентрової машини, в тому числі з використанням флюсів, інокуляторів або без них; плакування твердої циліндричної заготовки, встановленої в відцентрову машину заливкою плакувального розплаву або розплавленням кускових шихтових матеріалів, вміщених попередньо в порожнину циліндра, який плакується. Нагрівання і розплавлення шихти у виливниці відцентрової машини (наприклад, гранул бронзи) проводиться за допомогою електричної дуги, високочастотного індуктора або в печі. Розплавлений метал під дією відцентрової сили рівномірним шаром розподіляється по внутрішній поверхні заготовки, заповнює порожнини між елементами арматури. Після зупинки відцентрової машини заготівля виймається, охолоджується і піддається подальшій обробці. До основних технологічних параметрів відцентрового лиття біметалевих заготовок відносяться температура нагріву розплаву, твердої заготовки і арматури, час витримки під впливом відцентрових сил, швидкість обертання виливниці в процесі виготовлення композиту. При отриманні біметалевих заготовок шляхом послідовної або одночасної заливки двох різних розплавів забезпечується більш міцне з'єднання шарів, відпадає необхідність підготовки поверхні твердого елемента. При послідовній заливці у виливницю встановлюється перегородка, яка видаляється після часткового затвердіння першого шару і досягнення на контактній поверхні певної температури. Потім заливається другий шар. Дотримання температурно-часових і інших параметрів технології забезпечує надійне з'єднання шарів. Різні розплави заливаються так, щоб метали, які заливаються не змішувалися.

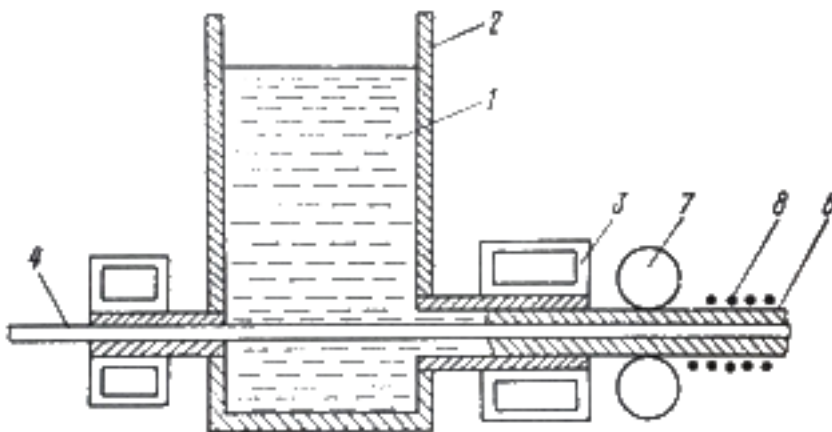
Технологія відцентрового лиття біметалевих труб і заготовок досить ефективна для виготовлення відповідальних деталей типу циліндра для машин і механізмів, що працюють при підвищених температурах, знакозмінних навантаженнях і в агресивному середовищі.

Одним з перспективних напрямків у виробництві шаруватих композитів є безперервне лиття плоских і циліндричних заготовок з подальшою пластичною деформацією. Ця технологія дозволяє значно підвищити продуктивність праці, в тому числі за рахунок механізації і автоматизації виробничих процесів,

знизити собівартість готової продукції, виключити екологічно шкідливі операції травлення і абразивної зачистки металу. Існують два варіанти технології: з використанням компонентів в твердому і рідкому стані; з використанням компонентів тільки в рідкому стані. Прикладом першого технологічного варіанту може слугувати технологія отримання дво- або багат шарових заготовок плоского або круглого перетину на горизонтальній установці безперервного розливання сталі [2]. Розплав з проміжного ковша надходить в водоохолоджуваній графітовий кристалізатор. Через кристалізатор проходить плакувальна заготовка, попередньо нагріта в високочастотному індукторі (рис. 1.5). Розплав кристалізується, тверда смуга (або оболонка) з плакованої заготівлю витягується роликми, нагрівається в другому індукторі для кращого з'єднання шарів.



а



б

1 – рідкий наплавлений метал; 2 – проміжний ківш; 3 – водоохолоджувальний графітовий кристалізатор; 4 – плакувальна заготовка; 5 і 8 – індуктор для попереднього і подальшого нагрівання; 6 – плакувальний шар; 7 – ролики, які тягнуть

Рисунок 1.5 – Схема отримання композиційних заготовок плоского (а) і круглого (б) перетину безперервним способом

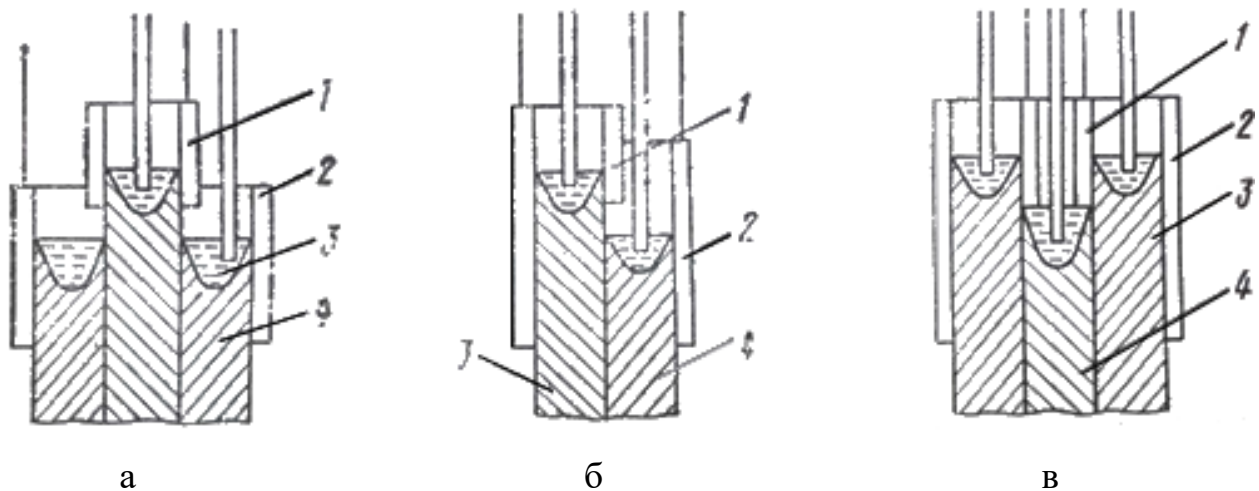
На рис. 1.6 представлені схеми отримання композитних заготовок методом безперервного лиття заливкою двох рідких металів в два кристалізатора [7]. У кристалізатор заливається основний метал, який у вигляді безперервного злитка витягується вниз до нижнього зрізу другого кристалізатора (рис. 1.6, а). У цей момент у зовнішній кристалізатор починає заливатися плакувальний метал, який, взаємодіючи з затверділою, але ще розігрітою до значної температури поверхнею плакувальної заготовки, міцно з'єднується з нею. Таким чином, після затвердіння металу виходить тришарова заготівля. При отриманні двошарової заготовки (рис. 1.6, б) спочатку в кристалізаторі відливається заготовка з основного металу, а потім у другий кристалізатор заливається плакувальний шар.

При литті циліндричної заготовки (рис. 1.6, б) метал плакувального шару заливається у зовнішній кристалізатор, в якому формується порожниста заготовка. Внутрішня порожнина заготовки слугує своєрідним кристалізатором для металу основного (плакувального) шару. За даною технологією на машинах безперервного розливання сталі виходять шаруваті композиційні матеріали різних марок сталі. Як метал основного шару використовуються вуглецеві сталі, а в якості плакувального - середньовуглецеві, високовуглецеві і нержавіючі сталі. Слід зазначити, що безперервні методи отримання композитних сталевих матеріалів набувають все більшого поширення.

Для отримання композитних заготовок перспективною є технологія електрошлакового переплаву (ЕШП) [4, 8]. На рис. 1.7 показаний один з варіантів електрошлакового виплавлення двошарових злитків. Загальна чавунна ванна розділяється металевою охолоджувальною перегородкою на два сполучені

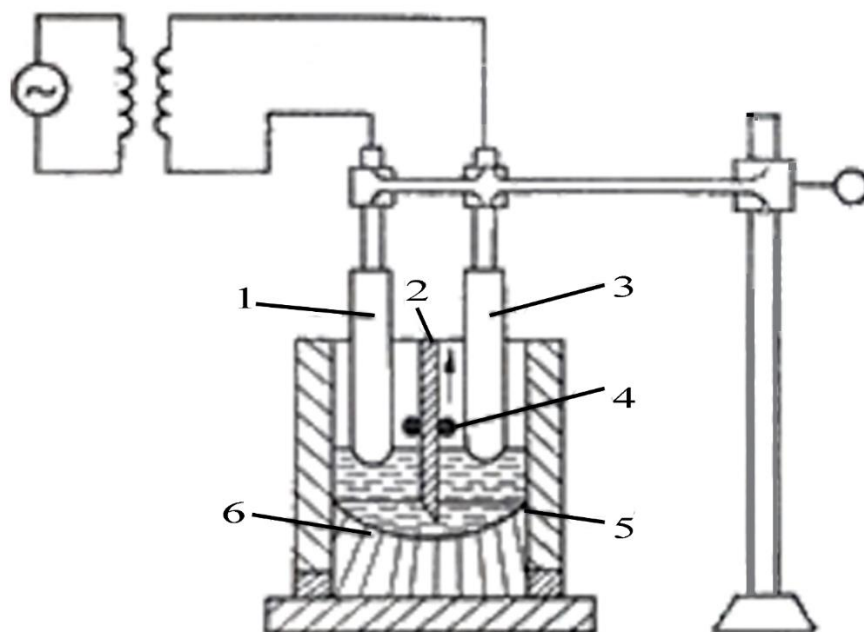
між собою відділення, над якими переплавляються електроди відповідного складу. Електроди підключаються за біфілярною схемою. При стаціонарному закріпленні кристалізатора у міру наплавлення злитка перегородка піднімається. Існують і інші схеми, де застосовуються рухливі внутрішні кристалізатори [12], послідовне розплавлення частин електрода, що мають різний хімічний склад [13] та інші.

Біметалічні злитки круглого перетину виходять також за допомогою вакуумного дугового переплаву. При цьому метал внутрішнього шару заливається в встановлену в кристалізатор порожнисту вставку (гільзу) з металу зовнішнього шару з використанням витратного електрода [14].



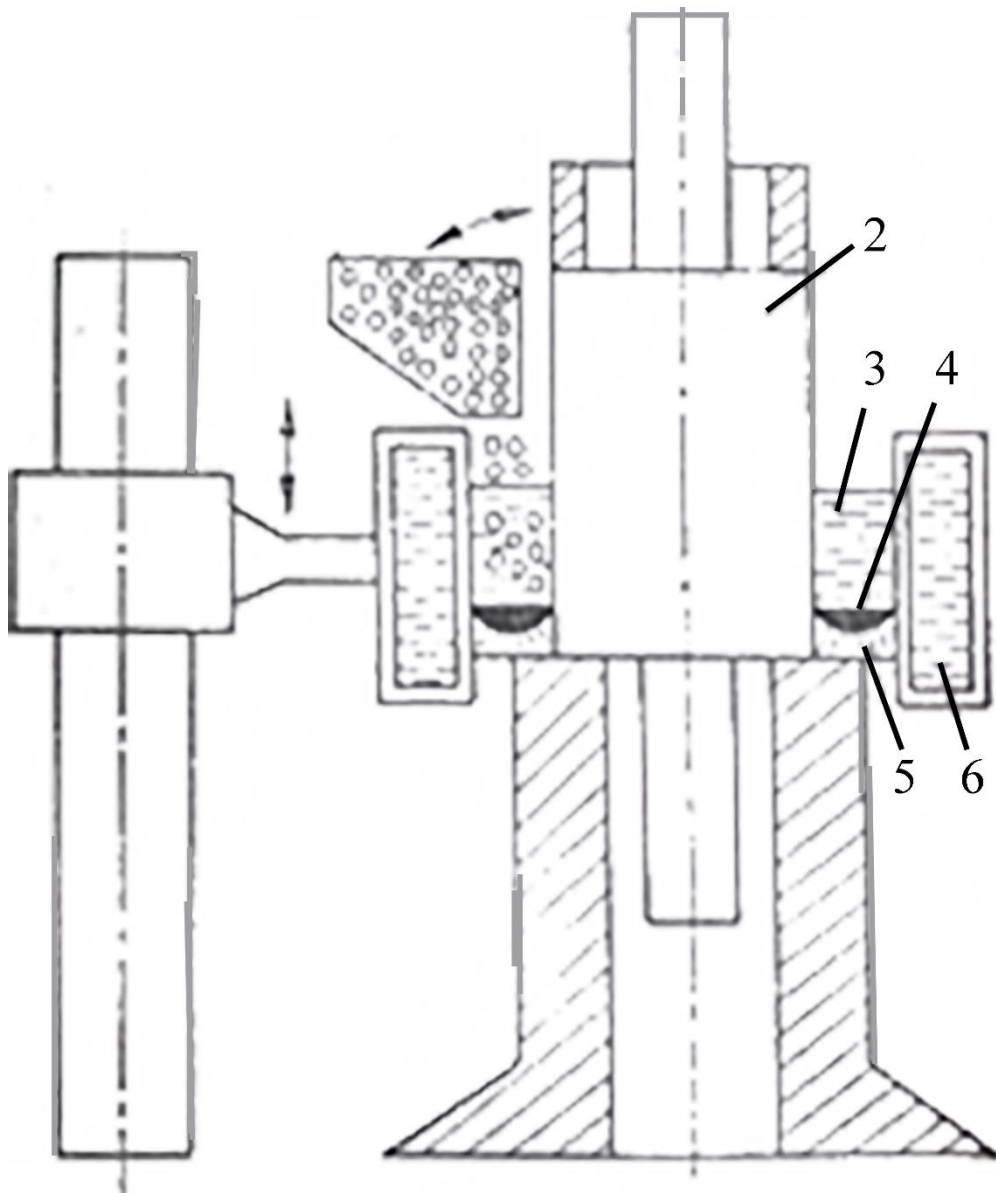
1, 2 – кристалізатори; 3 – основний метал; 4 – плакувальний метал

Рисунок 1.6 – Схема безперервного лиття біметалевих і поліметалічних тришарових (а); двошарових(б); двошарових циліндричних (в) заготовок



1, 3 – витратні електроди; 2 – перегородка; 4 – привід перегородки;
5, 6 – сполучені ванни металу

Рисунок 1.7 – Схема електрошлакової виплавки двошарового злитка



1 – присадний матеріал (дріб); 2 – наплавлений виріб; 3 – рідкий шлак; 4 – рідкий метал; 5 – наплавлений шар; 6 – рухомий струмопідвідний кристалізатор

Рисунок 1.8 – Схема наплавлення струмопідвідного кристалізатора

Плакування деталей і заготовок за участю рідкої фази здійснюється методом наплавлення. Для цієї мети застосовуються різні механізовані і автоматизовані установки з дрітними або стрічковими електродами, струмопідвідного кристалізатором [15, 16, 8]. Процес наплавлення стрічковими електродами характеризується високою продуктивністю, забезпечує невелику глибину проплавлення основного металу. Недоліками методу є висока

трудомісткість, необхідність використання додаткової обробки для додання поверхні необхідної якості під наплавку. Крім того, наплавлений шар може бути неоднорідного складу. Для наплавлення широко застосовуються флюси і захисні гази. Для зниження домішок в наплавленого металу застосовуються обмазки електродів, підбирається склад присадного дроту, а також здійснюються двох-, трьох- і чотирьохшарові наплавлення [3, 17].

Електрошлакове наплавлення застосовується головним чином при ремонті великогабаритних виробів (прокатних валків, штампів та інше). Цей метод дозволяє за один прохід наплавляти шар товщиною 10...15 мм при високій продуктивності і невеликій витраті флюсу [16]. На рис. 1.8 наведена схема процесу електрошлакового наплавлення циліндричних деталей (прокатних валків) в струмопідвідного кристалізаторі. В якості присадочного матеріалу, з якого формується наплавлений шар, використовується лита дріб з легованого чавуну. Водохолоджувальний кристалізатор робить поступальний рух уздовж наплавлюваної деталі. Бункер з дробом рухається по колу, безперервно подаючи присадний матеріал в зазор [15].

Метод наплавлення дозволяє плакованих різноманітні вироби: від дрібних (типу кришок і фланців, застосовуваних у апаратобудуванні) до великогабаритних складної конфігурації (судин і апаратів, деталей гірничозбагачувального устаткування, що піддаються інтенсивному зносу). За допомогою електро-шлакової наплавлення виготовляються біметалеві деталі відповідального призначення.

Для отримання ряду багатошарових композицій з металів з різко різними властивостями застосовується ефективний метод рідкофазного суміщення - пайка. Між сполучаються шарами поміщається припій у вигляді фольги, порошку і т. д. Зібраний пакет піддається нагріву до температури, при якій припой розплавляється. Після охолодження композит формується остаточно. В результаті виходить міцне з'єднання. З таких біметалів виготовляється різальний інструмент (фрези, свердла, різці).

Отримання мікрогетерогенних композиційних матеріалів методом спрямованої кристалізації евтектичних сплавів полягає у тому, що з розплаву, що кристалізується в умовах інтенсивного наплавленого відведення тепла, випадають паралельні напрямку тепловідводу голчасті або пластинчасті кристали, рівномірно розподілені в матриці. Ці кристали (армована фаза) мають механічні властивості, близькі до властивостей вусів, добре пов'язані з матрицею, тому міцність волокнистої евтектики досить висока. Застосовувані способи спрямованої кристалізації створюють плоску поверхню між рідиною і кристалізується твердою фазою. Плоский фронт кристалізації [1]. Розплав евтектичного складу розплавляється і перегрівається в тиглі за допомогою індуктора. Потім із зони нагріву він витягується з постійною швидкістю. Далі розплав поступово твердне. При цьому фронт кристалізації переміщується вгору. Швидкість кристалізації залежить від швидкості витягування і умов теплообміну.

Теплообмін регулюється підбором матеріалів, з яких виготовляється установка, конфігурацією деталей, а також примусовим охолодженням водою.

За допомогою спрямованої кристалізації отримані композиційні матеріали на основі алюмінію, магнію, міді, нікелю, кобальту, ніобію, титану, деяких інших матриць. Ці нові матеріали, що складаються з наведено розташованих взаємопроникаючих одна в одну фаз, отримали назву природних композиційних матеріалів. На відміну від звичайних жароміцних сплавів вони є анізотропними, характеризуються більш високими показниками міцності і жароміцності. Використання литих евтектичних жароміцних матеріалів перспективно у першу чергу в газових турбінах і космічній техніці, де потрібна висока жароміцність (стійкість) виробу.

1.2 Ливарні властивості чавуну із кулястим графітом, який отриманий методом внутрішньоформового модифікуванням

1.2.1 Усадка

Схильність чавуну із кулястим графітом до утворення усадкової пористості і раковин визначається, перш за все, ступенем його графітизації. Останні, в свою чергу, залежать від хімічного складу чавуну, а також від ступеня графітизувальної взаємодії елементів, які входять до складу глобуляризувальних модифікаторів. Відомо [6], що графітизувальна взаємодія модифікаторів визначається часом від моменту їх вводу до початку кристалізації чавуну. При чому, чим більше цей час, тим нижче ефективність графітизувальної взаємодії модифікатора. Природно припустити, що при внутрішньоформовому сфероїдизувальному модифікуванні ефективність графітизувальної взаємодії елементів-графітизаторів, що входять до складу модифікатора, повинна бути найбільш висока, так як, тимчасовий інтервал між вводом модифікатора та початком кристалізації чавуну зведено до мінімуму самою сутністю процесу. Це, в свою чергу, повинно обумовлювати і найменшу схильність чавуну до утворення усадкової пористості і раковин.

Дослідження впливу внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування на усадку проводили із чавунами, що мають різну ступінь евтектичності.

Плавлення чавуну проводили у високочастотній печі ІСТ-016 із кислотою футерівкою. В якості шихтових матеріалів використовували чушковий чавун марки ЛК (4,1 % С; 2,24 % Si; 0,7 % Mn; 0,02 % S; 0,1 % P) і сталевий брукхт.

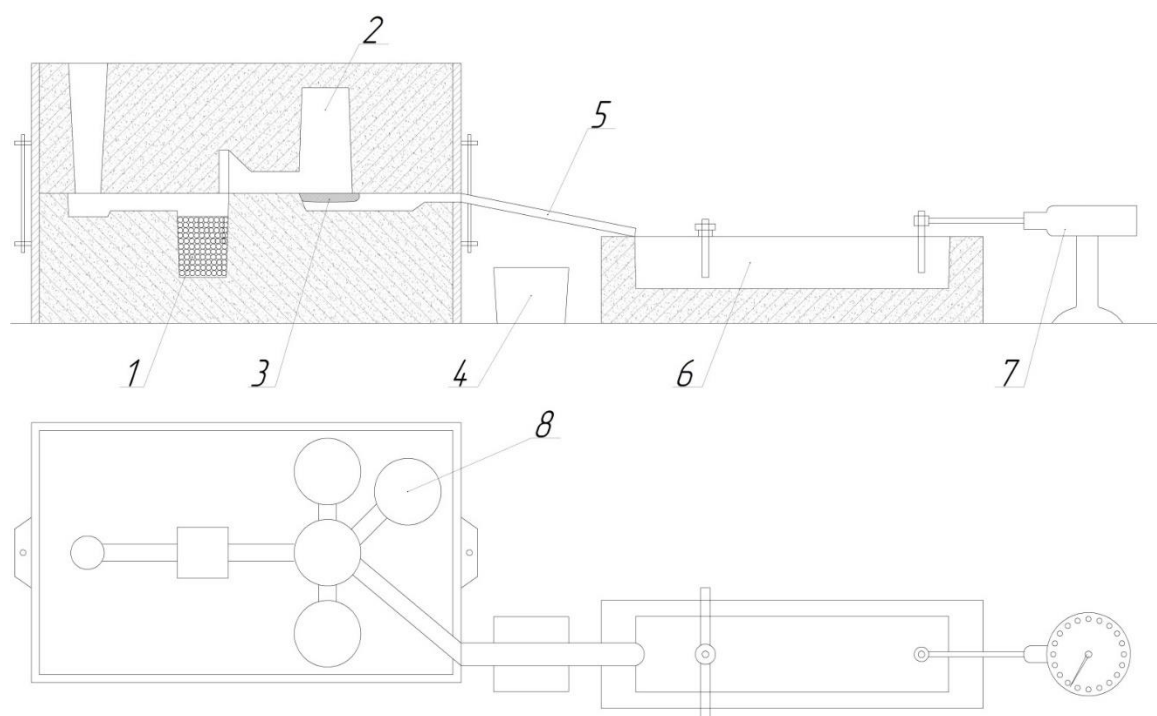
Сфероїдизувальне модифікування чавуну безпосередньо в порожнині ливарної форми і, для порівняння, в 50 кг ковші проводили механічною сумішшю складом 40 % NiMg- лігатури, 55 % ФС75 і 5 % флюса ФФС-95. Хімічний склад складових суміші приведено в табл.. 2.1.

При внутрішньоформовому модифікуванні суміш розміщували в кубічну реакційну камеру, об'ємом 50 см³ виконану в ливниковій системі форми

металоємністю 20 кг (рис. 2.1). Витрати модифікатора складали 1%. При ковшовому сфероїдизувальному модифікуванні суміш розміщували на дні розігрітого до температури 400...450°C ковша ємністю 50 кг. У цьому випадку витрата модифікатора складає 1,5 %.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад складових модифікувальної суміші

Марка	ГОСТ, ТУ	Хімічний склад, %						
		Mg	PЗМ	Ca	S	Fe	Ni	CaFe
ІМ	ЦМТУ 08-5013-68	14,7	0,30	—	—	—	зал.	—
ФС-75	1415-70	—	—	0,35	77,5	зал.	—	—
ФФС-95	4421-73	—	—	—	—	—	—	95-63



1 – реакційна камера; 2 – шлаковловлювач; 3 – фільтрувальна сітка; 4 – виливниця; 5 – жолоб; 6 – зразок для визначення лінійної усадки; 7 – стрілковий індикатор; 8 – зразок для визначення об’ємної усадки

Рисунок 1.9 – Методика визначення усадки чавуну при внутрішньо-формовому модифікуванні

Витрата модифікувальної суміші визначається із урахуванням різного засвоєння складових модифікатора. Кінцевий хімічний склад модифікованого чавуну для обох методів сфероїдизувальної обробки був практично однаковий.

Модифікування чавуну проводили при температурі 1400...1420 °С. Заливання чавуну здійснювали в сирі піщані форми. Визначення вільної лінійної усадки проводили на призматичних зразках розмірами 300×25×25 мм.

Визначення об'єму усадкових раковин проводили на зразках у вигляді усіченого конуса об'ємом 0,005 м³ методом гідростатичного зважування. Загальний об'єм усадкових раковин визначали за формулою:

$$V_{y.p.} = \left(1 - \frac{\gamma_{вил}}{\gamma_{мет}}\right) \cdot 100 \% \quad (2.1)$$

де $\gamma_{вил}$ — густина виливка;

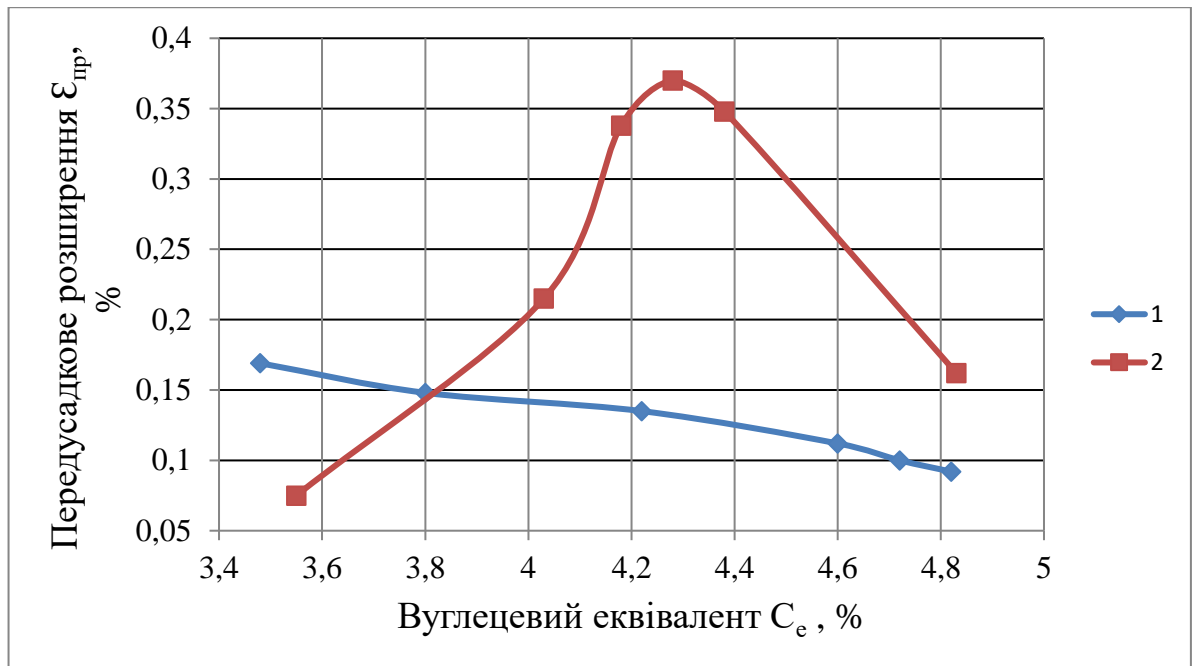
$\gamma_{мет}$ — густина металу виливка

Для визначення густини металу виливка із нижньої частини проби вирізали циліндричні зразки діаметром 20 мм і висотою 20 мм. Густина металу визначали також гідростатичним зважуванням із використанням аналітичних терез АДВ-200.

На рис. 1.10 та 1.11 представлено криві зміни передусадкового розширення і загальної лінійної усадки чавунів із кулястим графітом, які були отримані методом внутрішньоформового модифікування (крива 1) і модифікуванням у ковші (крива 2).

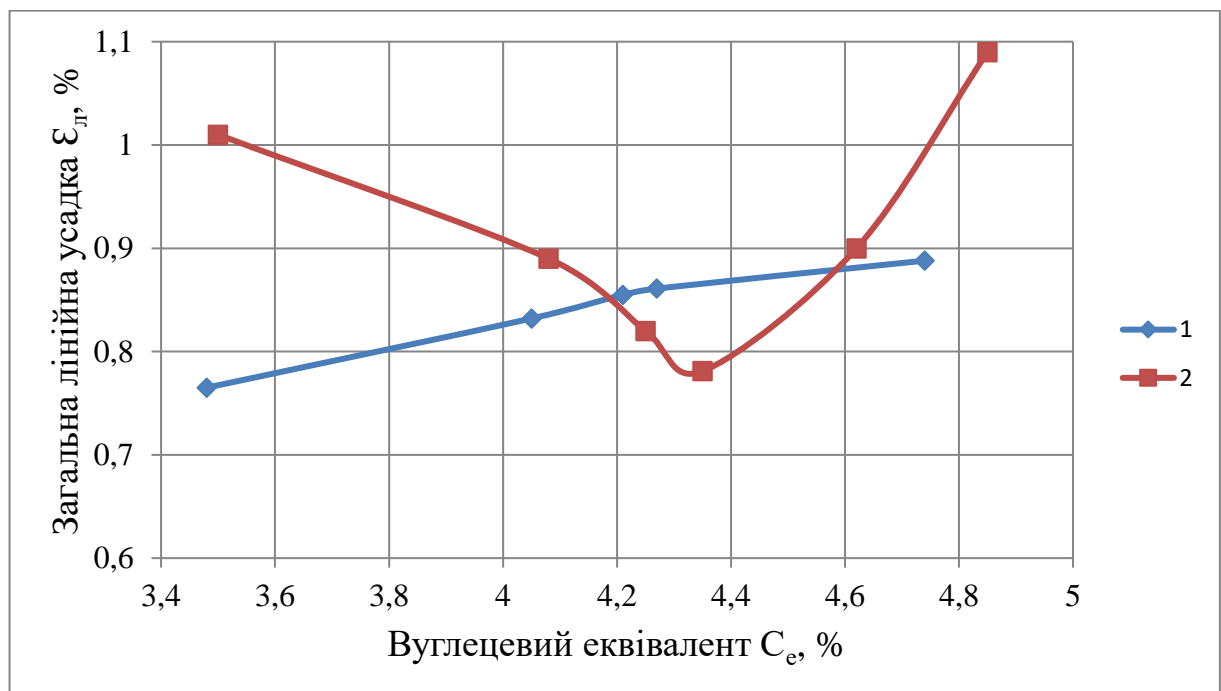
Як видно на рисунку 1.10, при внутрішньоформовому сфероїдизувальному модифікуванні із збільшенням вуглецевого еквівалента передусадкове розширення чавуну поступово зменшується. Так, якщо при вуглецевому еквіваленті 3,47 % передусадкове розширення складало 0,17 %, то при вуглецевому еквіваленті 4,72 % воно не перевищує 0,125 %.

Дещо інакша картина зміни передусадкового розширення спостерігається у чавунів, модифікованих у ковші.



1 – внутрішньо формове модифікування; 2 – ковшове модифікування

Рисунок 1.10 – Вплив вуглецевого еквівалента і способу сфероїдизувального модифікування на передусадкове розширення чавуну

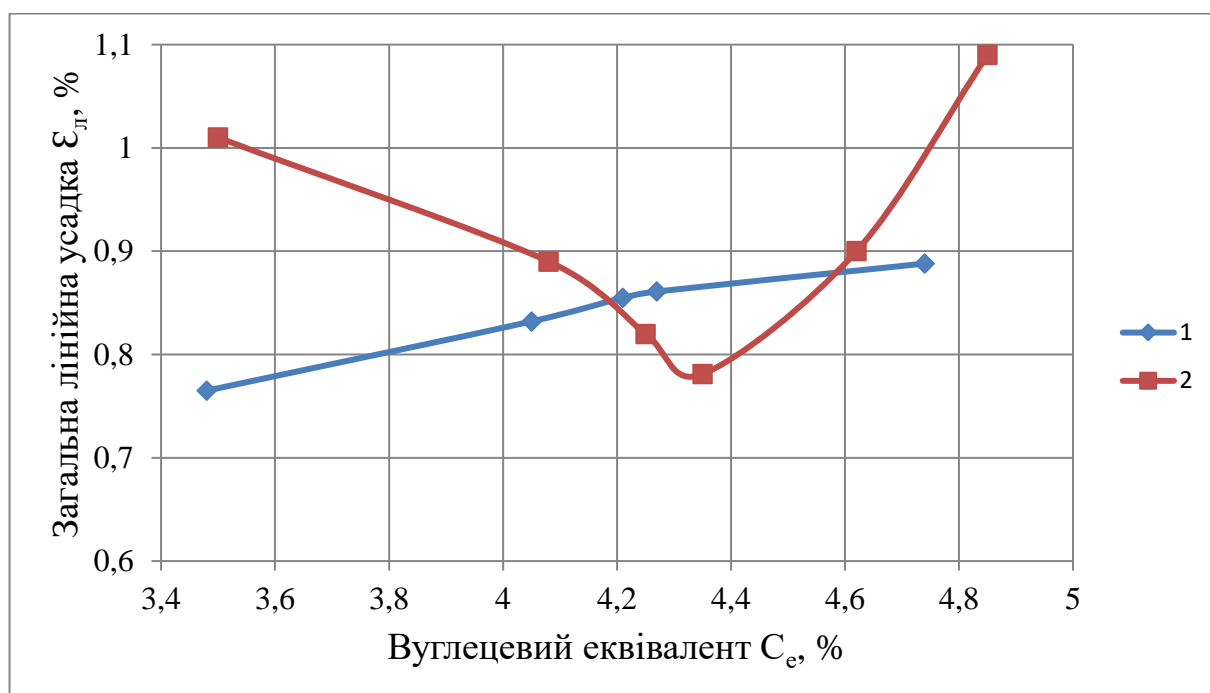


1 – внутрішньоформове модифікування; 2 – ковшове модифікування

Рисунок 1.11 – Вплив вуглецевого еквівалента і способу сфероїдизувального модифікування на лінійну усадку чавуну

Із ростом вуглецевого еквівалента передусадкове розширення чавуну збільшується та досягає максимуму (0,37 %) при вуглецевому еквіваленті 4,27 % і потім зменшується. При $C_e = 4,81$ % передусадкове розширення не перевищує 0,162 %.

Криві загальної лінійної усадки (рис. 1.12), в цілому, повторюють характер кривих передусадкового розширення. При цьому максимум передусадкового розширення відповідає мінімуму лінійної усадки.

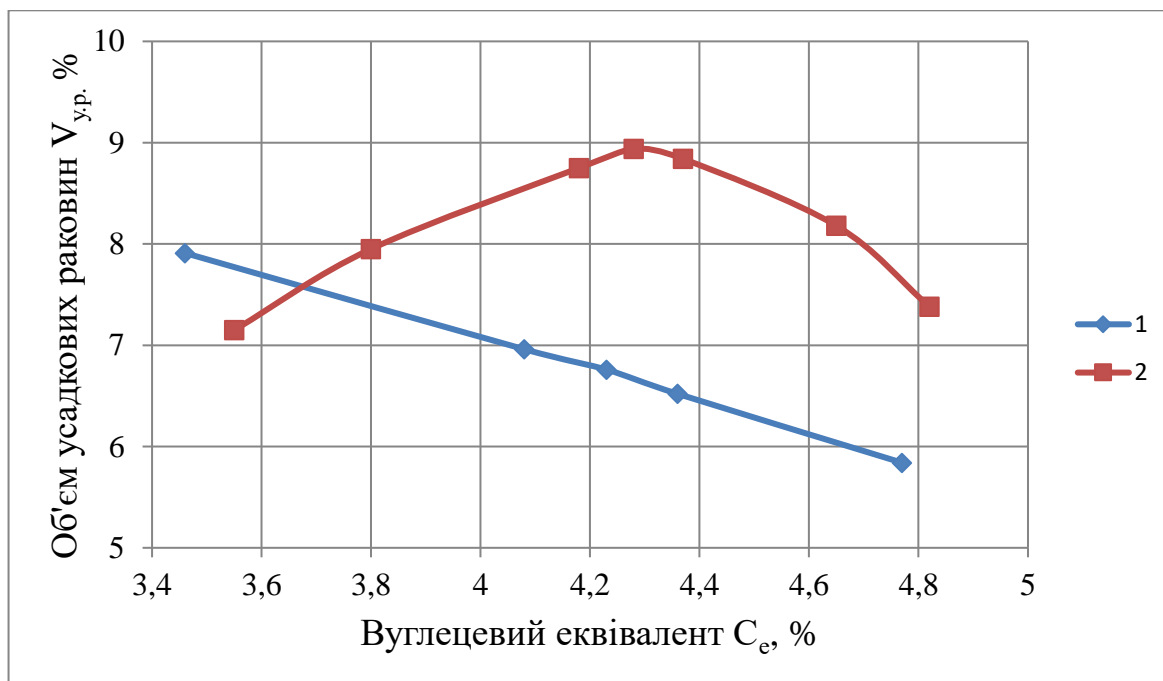


1 – внутрішньоформове модифікування; 2 – ковшове модифікування

Рисунок 1.12 – Вплив вуглецевого еквівалента і способу сфероїдизувального модифікування на лінійну усадку чавуну

Зміна об'ємної усадки чавуну із кулястим графітом в залежності від вуглецевого еквівалента при різних методах модифікування показано на рис. 1.13. Як видно із цього рисунку, в чавунах, отриманих методом внутрішньоформового модифікування (крива 1), із збільшенням вуглецевого еквівалента від 3,47 % до 4,72 % об'єм усадкових раковин і пор зменшується від 7,9 % до 5,8 %. У чавунах, отриманих методом ковшового модифікування (крива 2), по мірі зростання

вуглецевого еквівалента об'єм усадкових раковин і пор збільшується, досягаючи максимуму (8,9 %) при вуглецевому еквіваленті 4,27 % і потім зменшується. Однак, навіть при вуглецевому еквіваленті 4,8 % об'єм усадкових раковин і пор залишається порівняно високим і становить 7,3 %.



1 – внутрішньоформове модифікування; 2 – ковшове модифікування

Рисунок 1.3 – Вплив вуглецевого еквівалента і способу сфероїдизувального модифікування на об'ємну усадку чавуну

Варто зазначити, що характер зміни об'єму усадкових раковин і пор відповідає характеру зміни величини передусадкового розширення чавуну (порівняти рис. 1.11). Зі збільшенням передусадкового розширення зростає об'єм усадкових раковин, а із зменшенням величини передусадкового розширення ступінь враження виливків дефектами усадкового походження знижується.

Дослідження показали, що об'єм розосередження усадкової пористості із збільшенням вуглецевого еквівалента чавуну зменшується. В залежності від ступеня евтектичності чавуну і методу сфероїдизувального модифікування об'єм пор коливається в широких інтервалах. Чавун із відносно високим вуглецевим

еквівалентом (4,6...4,7) в основному схильний до утворення концентрованих усадкових раковин (рис. 1.14).

Відомо [6...8], що одна із основних причин підвищеної схильності чавуну із кулястим графітом до утворення усадкових раковин і усадкової пористості є відносно високе передусадкове розширення, котре, як було показано вище, в залежності від хімічного складу чавуну і способу сфероїдизувального модифікування може коливатися в широких діапазонах.

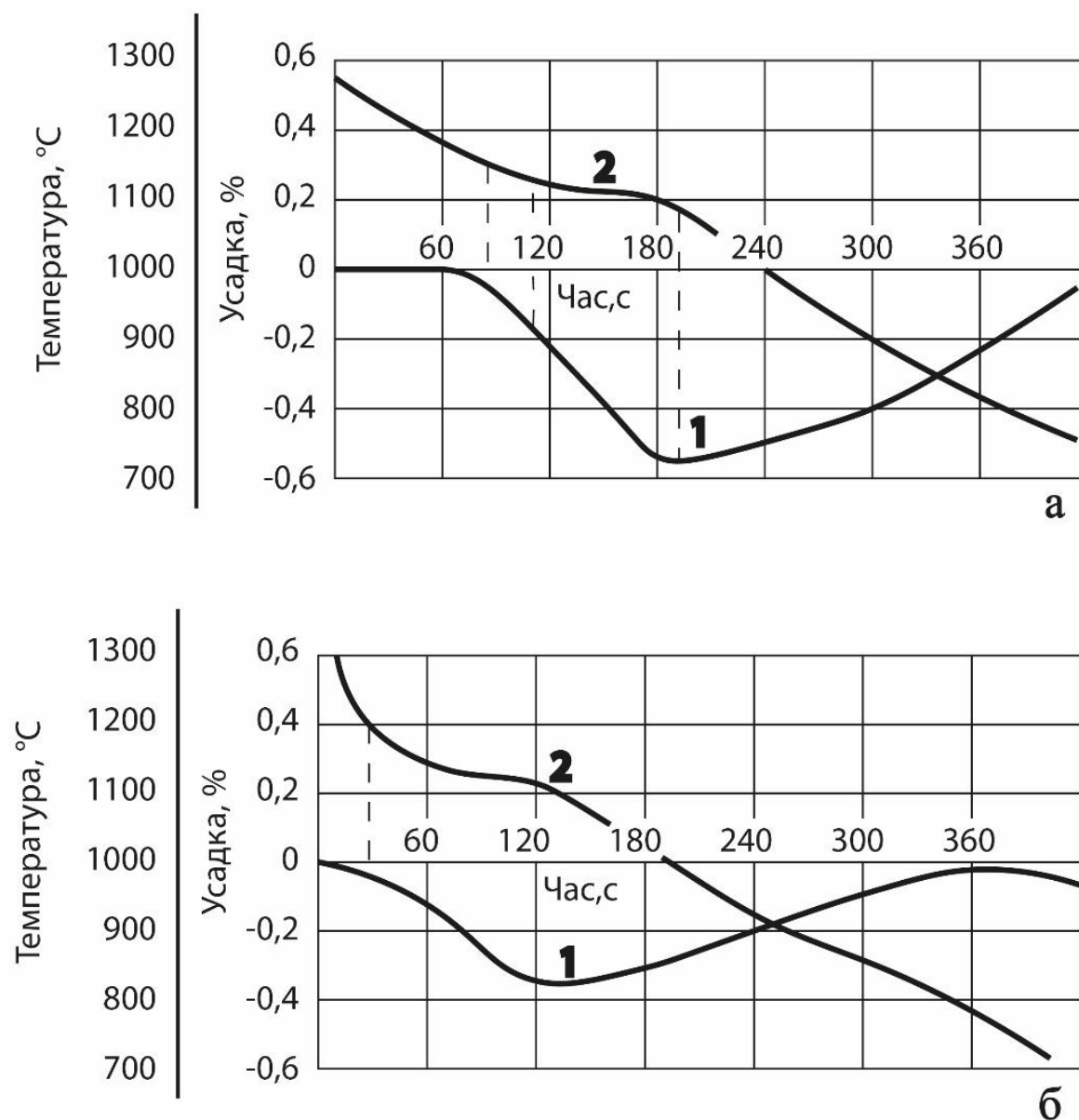
При розгляданні цього явища безумовна цікавість представляє стан зразків перед початком усадкових процесів. Усадка чавуну фіксується при температурах, які знаходяться між ліквідусом і солідусом, з моменту утворення скелету із дотичних кристалів, достатньо міцного, щоб протистояти металостатичному напору зсередини і зберегти обриси виливків.

Із аналізу кривих охолодження, об'єднаних з початком передусадкового розширення (рис. 1.15) видно, що воно починається ще в той момент, коли основна маса металу (тепловий центр зразка) знаходиться в рідкому стані, але вже утворилася зовнішня тверда кірка виливка. Відповідно, джерелом передусадкового розширення в той період є об'ємні зміни в цій кірочці, обумовлене виділенням і ростом графітових включень, виділенням газів, кристалізаційним тиском, графітизацією в утвореній твердій кірці, і іншими процесами, які йдуть із збільшенням об'єму. Однак основний вплив, напевно, належить графітизації в кірочці, яка в основному і визначає величину передусадкового розширення.

В залежності від хімічного складу, швидкості охолодження і умов модифікування поверхнева кірочка може кристалізуватися з утворенням аустеніто-цементито-графітної, аустеніто-графіто-цементитної або аустеніто-графітної евтектики.

У магнієвих чавунах із відносно низьким вуглецевим еквівалентом (3,5 %) поверхнева кірочка кристалізується з утворенням аустеніто-цементито-графітної евтектики.

У чавунах з кулястим графітом, отриманих ковшевим методом модифікування, по мірі зростання вуглецевого еквівалента до 4,27% зростає ступінь графітизації у поверхневої кірочки. Це і обумовлює зростання передусадкового розширення.



а – $C_c = 4,06 \%$

б – $C_c = 4,67 \%$

Рисунок 1.15 – Криві усадки (1) і охолодження (2) чавунів з кулястим графітом

У цих же чавунах заевтектичного складу поверхнева кірочка кристалізується з утворенням аустеніто-графіто-цементитної евтектики, тобто з меншою кількістю цементитної складової. У зв'язку з чим зменшення об'єму графітизації в поверхневій кірочці і зменшується значення передусадкового розширення.

При внутрішньоформовому сфероїдизувальному модифікуванні графітизувальний вплив елементів-графітизаторів проявляється у більшій мірі, ніж при ковшовому, так як інтервал між введенням і початком кристалізації чавуну зведений до мінімуму. Завдяки цьому, поверхнева кірочка у цьому випадку кристалізується з меншим у порівнянні з ковшовим методом об'ємом цементитної складової. Це обумовлює і менше передусадкове розширення. При чому, чим вищий вуглецевий еквівалент, тим меншим буде в евтектики цементитної складової і тим меншим буде величина передусадкового розширення.

Формування усадкових раковин відбувається після формування на поверхні вилівка достатньо міцної твердої кірочки, яка має самостійну усадку, відмінну (набагато меншу) від об'ємної усадки серцевини, яка твердіє. При інших різноманітних умовах, об'єм усадкових раковин тим більший, чим більше об'ємна усадка серцевини у процесі охолодження та затвердіння і чим менше за той самий час усадка твердої поверхневої кірки. Відомо, що у чавунах об'ємна усадка при затвердінні знаходиться у прямій залежності від процесу графітизації. Чим повніший процес графітизації відбувається за рахунок евтектичного розпаду рідини на аустеніт і графіт, тим менше об'ємна усадка і, навпаки, чим більше графітизація відбувається у затверділій частині (з а рахунок розпаду цементиту), тим більше усадка при затвердінні і тим більше усадкових пор і раковин. Крім цього, як було показано вище, розпад цементита викликає збільшення розмірів зовнішньої кірки і тим самим сприяє більшому розвитку раковин. Отже чавуни, отриманні методом внутрішньоформеного сфероїдизуючого модифікування, завдяки відносному малому передусадковому розширенню і більшій мірі

графітизації мають схильність до утворення усадкових раковин і пор по відношенню з чавунами, отриманих ковшовим модифікуванням.

1.2.2 Рідкотекучість

Рідкотекучість є важливою характеристикою рідкого металу, у значній мірі визначає отримання і якість готового виливка. Висока рідкотекучість сприяє утворенню концентрованої усадкової раковини, замість розсіяних міжкристалевих пор, покращує видалення газів з металу і полегшує спливання неметалевих вкраплин. Останнє особливо важливо для методу внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування, який характеризується більшою вірогідністю засмічення металу продуктами реакції модифікування.

Рідкотекучість магнієвого чавуну залежить від властивостей самого сплаву, від властивостей форми, яку заповнюємо, та від умов заповнення форми.

До факторів, які визначають рідкотекучість, і зв'язані з властивостями металу відносяться, перед всім, хімічний склад і температура металу, а також в'язкість і поверхневий натяг.

Рідкотекучість магнієвих чавунів в залежності від вуглецевого еквівалента оцінюється за формулою:

$$C_e = C_{\text{заг}} + 1/3 \cdot Si + 1/2 \cdot P \quad (2.1)$$

де C_e – вуглецевий еквівалент, %;

$C_{\text{заг}}$ – вміст вуглецю у чавуні, %;

Si – вміст кремнію у чавуні, %;

P – вміст фосфору у чавуні, %

При цьому чавуни з однаковими вуглецевими еквівалентами і температурою заливання, незалежно від вмісту фосфору, практично будуть мати однакову рідкотекучість і температуру початку кристалізації [9].

При дослідженні впливу внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування на рідкотекучість чавуну в якості технологічної проби використовувалась спіраль трапецеподібного перерізу за ГОСТ 16438-70. Заливання металу відбувається від периферії до центру (рис.1.16).

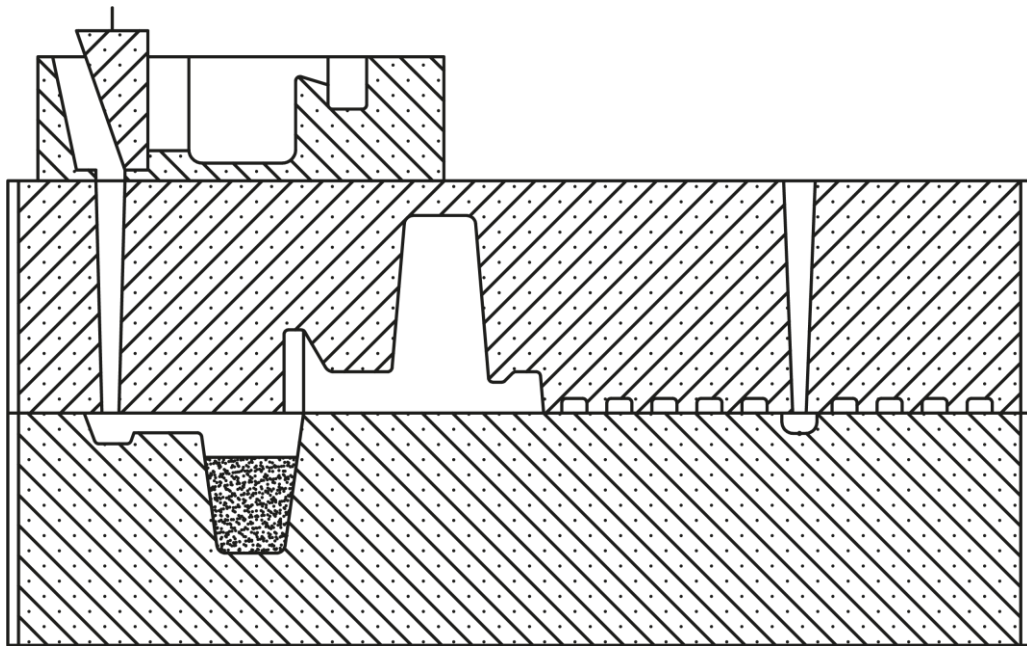


Рисунок 1.16 – Методика визначення рідкотекучості чавуну при внутрішньоформовому сфероїдизувальному модифікуванні

Ливарну форму виготовляють із суміші, склад якої наведено у табл. 2.2:

Таблиця 2.2 – Склад суміші

Назва компонентів	ГОСТ	Марка, клас	Вміст в суміші, % за масою
Оборотна суміш	-	-	90...92
Пісок кварцовий	2138-74	2К025	6,5...8
Глина	3226-65	ФС-1	1,5...2

Для стабілізації поверхневих властивостей ливарної форми і усунення пригару її фарбують фарбою на основі дистен-силіманіту. Перед збиранням форму підсушують газовим пальником.

Постійність умов заливання досягалася встановленням чаші спеціальної конструкції [10].

Температуру металу в чаші вимірювали платино-платинородієвою термопарою з кварцовим наконечником. Заливання металу відбувалося при температурі 1400...1420 °С.

Плавлення і модифікування чавуну здійснюють за методикою описаною у розділі 1.2.1

На рис. 1.19 наведенні криві зміни рідкотекучості в залежності від ступеня евтектичності високоміцного чавуну, отриманого методом внутрішньоформового сфероїдизувального модифікування (крива 1) і для порівняння, отриманий ковшевим методом (крива 2).

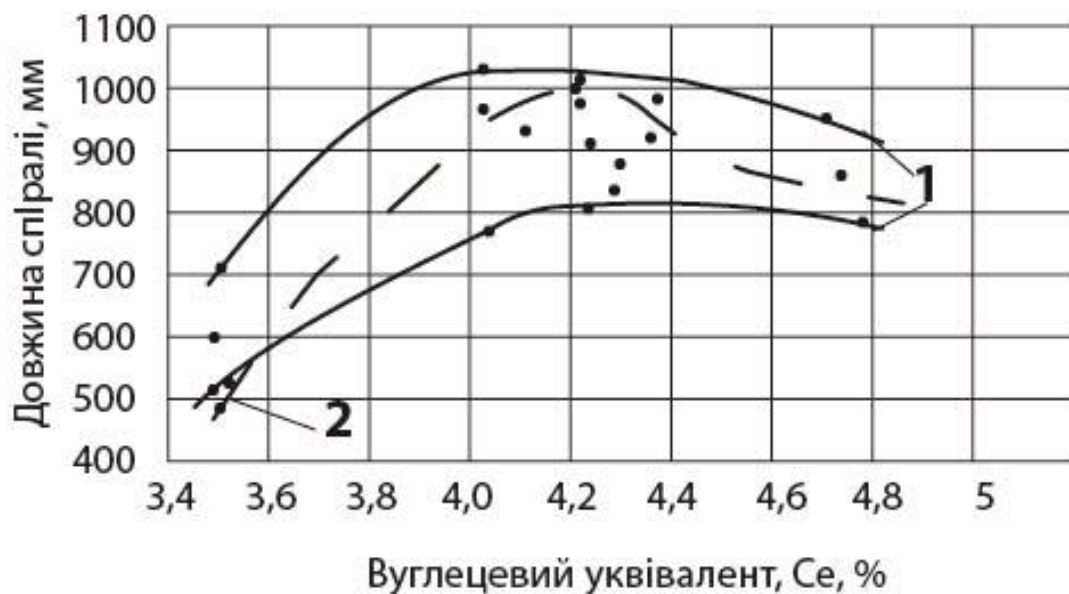
Як видно із рис. 1.19 зі збільшенням вуглецевого еквівалента збільшується рідкотекучість, яка досягає максимуму у чавунів близьких до евтектичного складу і потім спадає. Причому для обох методів сфероїдизувального оброблення характер зміни рідкотекучості ідентичний і добре погоджується з уже наявними даними [9].

Слід відмітити деяке відхилення даних рідкотекучості для високоміцних чавунів, отриманих внутрішньоформовою сфероїдизувальною обробкою, що, швидше за все, пов'язано зі специфікою цього процесу.

Так при модифікуванні у формі чавун у більшій мірі, ніж при ковшовому методі, забруднюється дрібнодисперсними продуктами реакції, які повинні знижувати його рідкотекучість. В цей же час при взаємодії металу зі сфероїдизатором у формі створюється надлишковий тиск, що має сприяти кращому заповненню металом форми.

У цілому, як показує аналіз результатів лабораторних і виробничих досліджень, заповнюваність форми чавуном при внутрішньоформовому

сфероїдизувальному модифікуванні не гірше, ніж у випадку автоклавного або ковшового оброблення розплаву.



1 – внутрішньоформове модифікування ; 2 – ковшове модифікування

Рисунок 1.19 – Вплив способу модифікування і вуглецевого еквівалента на рідкотекучість чавуну

2.3 Висновки з літературного огляду та постановка мети і задач дослідження

Для виготовлення виливків з диференційованими властивостями з такого конструкційного матеріалу, як чавун, методи виробництва, які базуються на використанні пластичної деформації не підходять, оскільки чавуни характеризуються високою крихкістю та низькими пластичними властивостями, окрім окремих марок високоміцних чавунів. Для виготовлення матеріалу з диференційованими властивостями із чавуну для роботи в умовах абразивного або ударно-абразивного зношування для подальших досліджень обрано спосіб послідовного заливання ливарної форми через дві незалежні ливникові системи.

За умови відсутності теоретичних та технологічних результатів, щодо запропонованого способу - дає підставу роботу вважати актуальною.

Метою роботи є дослідження технологічного процесу внутрішньоформового модифікування вихідного розплаву чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою рівноваги поетапним його заливанням у ливарну форму для виробництва двошарових виливків з поєднанням шарів з білого-сірого та білого-високоміцного чавунів.

Завдання дослідження:

1. Обґрунтувати та визначати хімічний склад вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою;
2. Вибрати сфероїдизувальні та графітизувальні модифікатори для внутрішньоформового оброблення вихідного чавуну, схильного до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням;
3. Запропонувати конструктивно-технологічні варіанти виготовлення двошарових виливків модифікуванням чавуну у ливарній формі;
4. Перевірити можливість реалізації та дослідити особливості запропонованих конструктивно-технологічних варіантів;
5. Дослідити вплив технологічних параметрів на процес структуроутворення та властивостей двошарових виливків з поєднанням шарів білий-сірий та білий-високоміцний чавун.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження при розробленні процесу виготовлення двошарових чавунних виливків обрали пробу «Брусок» розмірами $240 \times 120 \times 50$ мм та масою $10 \pm 0,2$ кг (рис. 2.1).

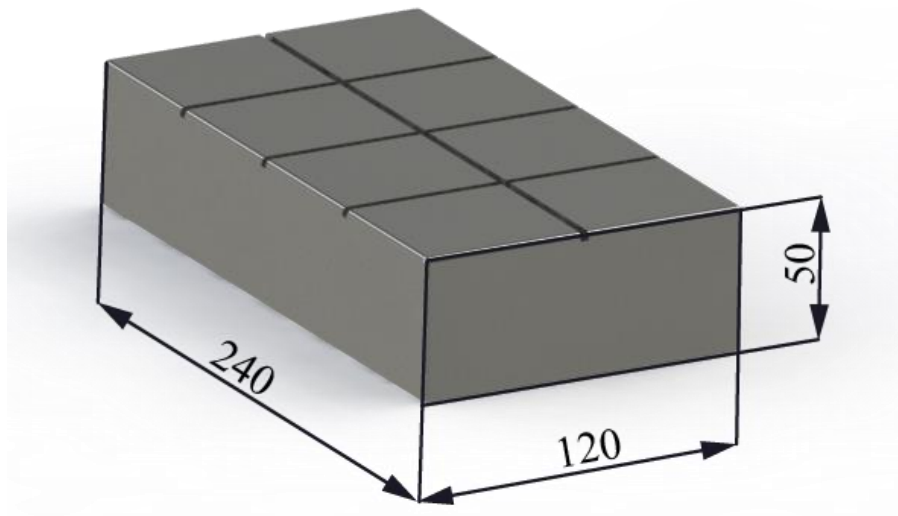


Рисунок 2.1 – Схема проби «Брусок»

Підведення розплаву у порожнину форми за площинною розніму проводили крізь дві незалежні ливникові системи. Перша система складалася з ливникової воронки стояка та живильників. Друга система включала воронку стояк, реакційну камеру для модифікатора, шлаковловлювач и три живильника. Розосереджене, близьке до ламінарного підведення розплаву частково запобігало гідродинамічному перемішуванню чавунів у процесі заливання нижньої та верхньої частин виливка.

Відмінність у технологічних варіантах полягала у підведенні крізь незалежні ливникові системи торцевих сторін проби (рис.2 (а)) та з бокових сторін (рис.2 (б)).

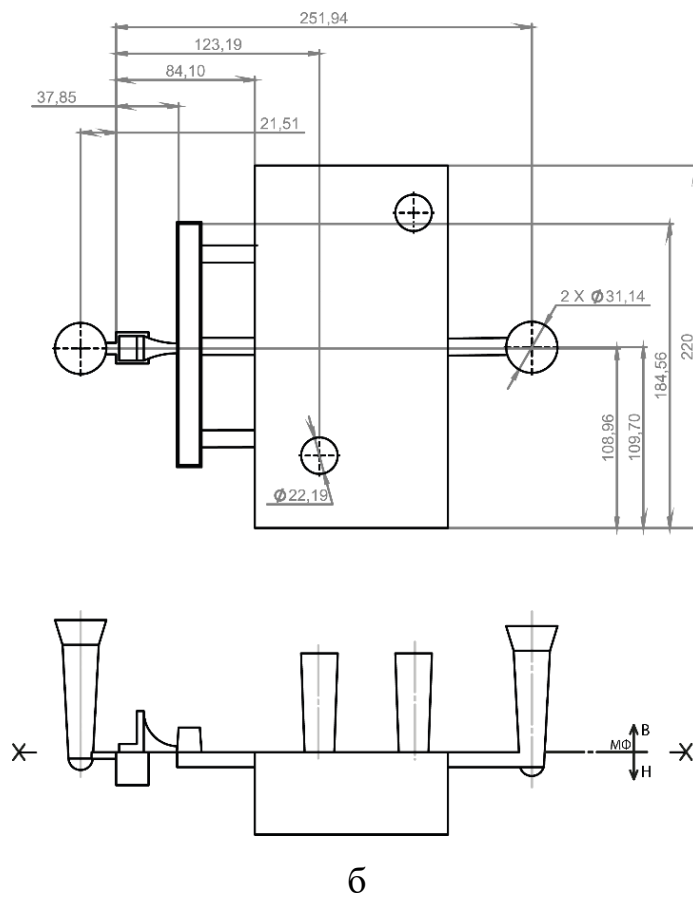
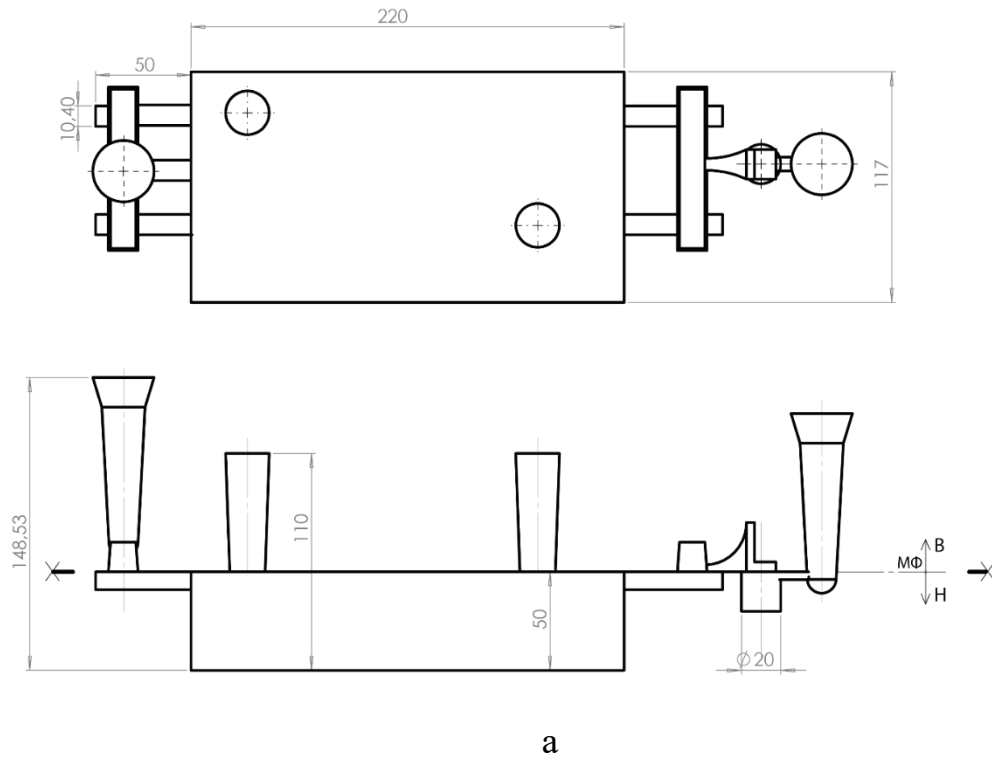


Рисунок 2.2 – Схема технологічних варіантів виготовлення двошарових виливків «Брусок» крізь незалежні ливникові системи з торцевим (а) та боковим (б) підведенням

2.2 Виплавляння вихідного схильного до кристалізації за метастабільною системою чавуну

Вихідний чавун виплавляли в індукційній тигельній електропечі марки ІЧТ-006, ємністю 60 кг з кислою футерівкою (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Індукційна тигельна електропечі марки ІЧТ-006

В якості основних шихтових матеріалів для індукційного плавлення використовували: зворот власного виробництва у кількості 65% та сталевий брух у кількості 35%. Для доведення чавуну за вмістом, С і Мп використовували електродний бій та феромарганець марки ФМн75 (рис.2.4).



а – зворот власного виробництва, б – сталевий брух, в – електродний бій, г – феромарганець

Рисунок 2.4 – Загальний вигляд шихтових матеріалів для приготування розплаву

Хімічний склад вихідних шихтових матеріалів наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад шихтових матеріалів

Матеріал	Вміст елемента, %					
	C	Si	Mn	P	S	Fe
Зворот власного виробництва	4,35	0,7	0,7	до 0,08	до 0,05	решта
Сталевий брухт (сталь 3)	0,22	0,3	0,5	до 0,05	до 0,04	решта
Електродний бій (марка А)	95	–	–	–	–	–
Феромарганець (ФМн75)	7,0	2,0	75	до 0,04	до 0,03	решта

З літературних джерел [18], вибрано хімічний склад вихідного чавуну (табл. 2.2), схильного до кристалізації за метастабільною системою, у виливках товщиною 25...50 мм виготовлених у піщано-глинястих формах. Розрахунок шихтових матеріалів для виплавляння вихідного чавуну у індукційній печі представлений в табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад вихідного чавуну

Матеріал	Вміст хімічних елементів, %					Ce, %
	C	Si	Mn	P	S	
Вихідний чавун	3,0...3,1	0,45...0,55	0,45...0,55	до 0,1	до 0,05	3,2

Технологічний процес плавлення в індукційній печі включав наступні операції: завантаження шихтових матеріалів, нагрівання і перегрів металу та доведення його за хімічним складом.

Завантаження шихтових матеріалів до тигля плавильного агрегату проводили в наступній послідовності: на початку завантажували зворот власного виробництва, сталевий брухт та вуглецевий бій. Після нагрівання та розплавлення чавун доводили за хімічним складом шляхом додавання феромарганцю.

Таблиця 2.3 – Шихтова карта для виплавляння вихідного чавуну

Матеріал	Вміст хімічних елементів, % мас.									
	C		Si		Mn		P		S	
	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Вихідний чавун	3,05	3,05	0,5	0,5	0,5	0,8	0,1	0,1	0,05	0,05
Вигар	10	0,305	5	0,025	10	0,08	—	—	—	—
Шихта	3,355	3,355	0,53	0,53	0,88	0,88	0,1	0,1	0,05	0,05
ЗВВ, 65%	4,35	2,83	0,65	0,45	0,7	0,46	0,08	0,052	0,05	0,032
Сталевий брухт, 35%	0,22	0,08	0,3	0,11	0,5	0,18	0,05	0,018	0,04	0,014
Всього внесено	—	2,91	—	0,53	—	0,64	—	0,07	—	0,046
Необхідно ввести	—	0,44	—	—	—	0,24	—	0,03	—	—
Електродний бій, 0,45%	95,0	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
ФМн75, 0,32%	7,0	0,02	2,0	0,0064	75	0,26	0,04	0,0014	0,03	0,0001
Всього на металозавалку	—	3,35	—	0,57	—	0,88	—	0,0071	—	0,0461

2.3 Заливання вихідного розплаву

Вихідний розплав схильний до кристалізації за метастабільною діаграмою Fe-Fe₃C з печі випускали у ручний мірний ківш ємністю 5...7 кг, який був попередньо підігрітий до температури 450...500 °С, та заливали до ливарної форми крізь ливникову систему 1. Через певний час той же вихідний розплав чавуну доливали іншим ковшем ємністю 20 кг через ливникову систему 2, до складу якої сходила реакційна камера в яку попередньо завантажили модифікатор 3 (рис.2.6).

Температуру чавуну перед заливанням форм контролювали вольфрам-ренієвою термопарою, яка була занурена у захисному кварцовому наконечнику з реєстраційним цифровим мультиметром марки DT-848 DIGITAL MULTIMETR (рис.2.8).

Температура розплаву у печі складала 1500...1550 °С. Тривалість плавлення становила близько 1,0...1,5 години.

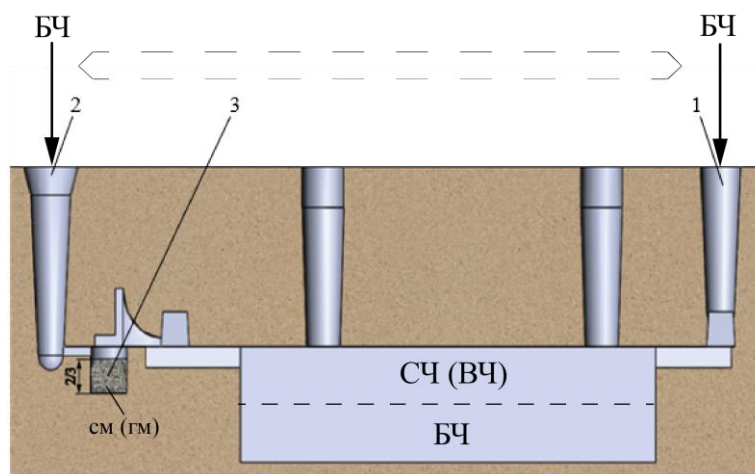


Рисунок 2.6 – Схема підведення металу до виливка «Брусок»



Рисунок 2.7 – Випуск із печі вихідного розплаву чавуну

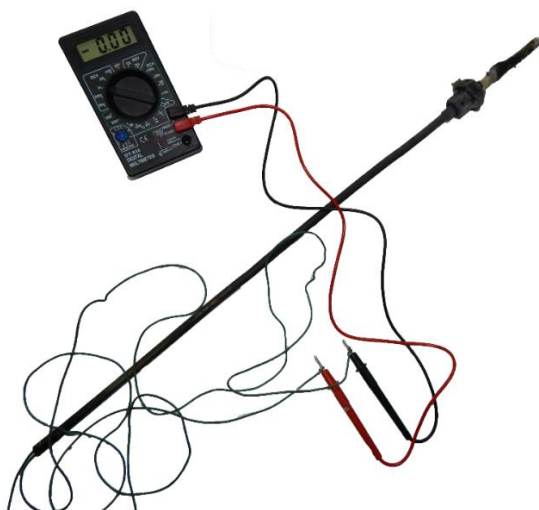


Рисунок 2.8 – Цифровий мультиметр марки DT-848 з вольфрам-ренієвою термопарою

2.4 Вибір модифікатора для внутрішньоформового оброблення розплаву

Для отримання частини двошарового виливка з високоміцного чавуну, розплав схильний до кристалізації за метастабільною діаграмою стану Fe-Fe₃C, піддавали внутрішньоформового сфероїдизувальному обробленню. Для отримання частини двошарового виливка із сірого чавуну, розплав схильний до кристалізації за метастабільною діаграмою стану Fe-Fe₃C, піддавали внутрішньоформовому графітизувальному обробленню. При цьому в якості графітизувального модифікатора, що сприяє виділенню графіту у вільному стані або його подрібнені використовували ФС75, в якості сфероїдизувального модифікатора для отримання структури та властивостей високоміцного чавуну з кулястим графітом (ВЧКГ) у виливках – феросиліцій-магнієвий модифікатор марок ФСМг7 та VL63 (М). Хімічний склад модифікувальних добавок наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. – Характеристика компонентів модифікувальних зарядів реакційних камер

Марка	Масова частка елементу, %										
	Mg	Ca	S	PЗМ	Si	P	Cr	Mn	Al	C	Fe
ФСМг7	7,2	0,2...1,0	–	0,3...1,0	45...55	–	–	–	до 1,2	–	зал.
ФС75	–	–	до 0,02	–	74...80	до 0,04	до 0,3	до 0,4		до 0,1	зал.

З метою отримання модифікувальних добавок необхідного гранулометричного складу перед використанням її подрібнювали та просіювали крізь набір сит з подальшим відбором часток розмірами 1,0...2,5 мм. Зовнішній вигляд модифікаторів, що використовуються в дослідженнях представлені на (рис. 2.9).



а



б



в

а – феросиліцій ФС75, б – феросиліцій-магнієвий сплав ФСМг7, в – VL63(M)

Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд підготовлених модифікаторів

Кількість модифікаторів у всіх експериментах складала 2,0% від маси розплаву чавуну, що оброблюється. Реакційні камери заповнювались модифікувальними домішками на $\frac{2}{3}$ їх висоти (рис. 2.6).

2.5 Виготовлення і заливання форми

Ливарна форма виготовлялась із піщано-глинястої суміші. Склад суміші наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Склад формувальної суміші

Компоненти	Вміст компонента, %
Пісок марки 1К ₁ О ₂ 016	97,0...100,0
Глина формувальна	1,0...3,0
Вологість	2,4...3,0

Форму виготовляли у двох опоках по нероз'ємній моделі. Спочатку формували нижню напівформу. Для цього на дерев'яну плиту встановлювали моделі «Бруска», реакційної камери, живильника та нижню опоку, потім насипали формувальну суміш і ущільнювали її ручною трамбівкою (рис.2.10).



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд модельного комплекту і опоки

Далі нижню напівформу кантували на 180° , встановлювали верхню опоку і модель ливникової системи. Насипали у верхню опоку формувальну суміш і ущільнювали. Після цього піднімали верхню напівформу, кантували її на 180° і витягували моделі вилівка та ливникової системи з форми. Після виготовлення форми просушували у сушильній печі при температурі $100...105^\circ\text{C}$ на протязі 4 годин (рис.2.11).



Рисунок. 2.11 – Сушильна піч

Перед збиранням ливарної форми у реакційну камеру завантажували сфероїдизувальний модифікатор. Обидві напівформи збирали за допомогою напрямних і центрувальних штирів на заливальному плаці. Далі готові форми навантажували та витягували напрямні і центрувальні штирі. (рис.2.12).



Рисунок. 2.12 – Ливарна форма для виготовлення виливка «Брусок»

2.6 Вивчення макроструктури, мікроструктури та мікротвердості чавунних зразків

Макроструктуру зламу проводили на зразках з виливків, які механічно руйнувалися спеціальним інструментом (рис.2.13)



Рисунок. 2.13 – Макроструктури двошарових виливків

Вивчення мікроструктури виконували на мікрошліфах (рис.2.14).



Рисунок. 2.14 – Мікрошліфи для металографічного аналізу

Мікрошліфи виготовляли у ручну на шліфувально-полірувальному верстаті моделі ЗЕ881М (рис.2.15).



Рисунок. 2.15 – Шліфувально-полірувальних верстат марки ЗЕ881М.

Виготовлення металографічних шліфів складається з вирізання зразків, шліфування та полірування (рис.2.16).

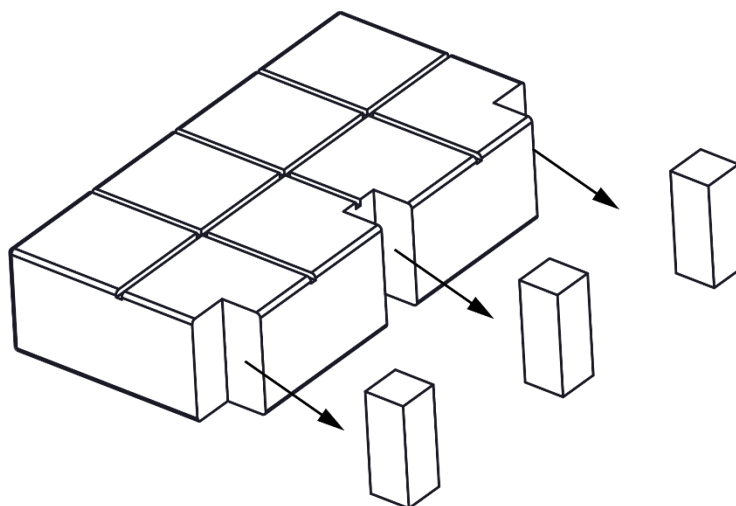


Рисунок. 2.16 – Схема вирізання мікрошліфів з виливків

Поверхня зразка, на якій повинен бути підготовлений шліф, попередньо вирівнюють шляхом оброблення на абразивному крузі з періодичним його охолодженням.

Для видалення грубого рельєфу і наклепу на поверхні зразка, що виходять після оброблення на абразивному колі зернистістю 45...60 мкм, проводили шліфування на абразивному папері. Для шліфування зразків застосовували водостійкий шліфувальний папір різної зернистості, прикріплений до диска шліфувального верстата, який обертається.

Спочатку поверхню оброблювали на шліфувальному папері грубої зернистості № 180 і № 240. Далі проводили тонке шліфування на папері № 600, № 800, № 1000 та № 1200. При кожній зміні шліфувального паперу з меншою зернистістю зразок повертали на 90 градусів.

Після тонкого шліфування виконували полірування зразків на шліфувальному папері з алмазною пастою № 5/3 та на войлоці з пастою ГОІ. Кінцеве полірування зразків проводили на фетрі з водною суспензією оксиду хрому.

Полірований зразок промивали проточною водою і ретельно висушують фільтрувальним папером.

При оцінці графіту визначали форму, розподіл, кількість і розмір графітових включень за ГОСТ 3443-87.

Вивчення металевої матриці проводили на «травлених» зразках, із використанням лабораторного оптичного мікроскопа моделі ММР-4 при збільшенні $\times 100$ (рис.2.17).

Перед травленням поверхня шліфа знежирювали спиртом. При хімічному травленні використовували 4% спиртовий розчин HNO_3 . Час травлення 5...20 с.

Для отримання збільшеного електронного зображення структури використовували камеру марки SONY DCS-W5, яка дозволяла досить швидко отримати цифровий знімок поверхні мікроструктури і обробити його на комп'ютері.

Мікротвердість структурних складових визначали на твердомірі моделі ПМТ-3 при навантаженні 100 г, з кроком між точками 1...2 мкм відповідно до ГОСТ9450-89 (рис.2.18).



Рисунок. 2.17 – Лабораторний оптичний мікроскоп моделі ММР-4



Рисунок 2.18 – Прилад для визначення мікротвердості моделі ПМТ-3

У кожному випадку виконували не менше 3 замірів мікротвердості досліджуваної структурної складової. Типовий вигляд відбітків індентора на тілі зразків після проведення дослідження (рис.2.19).

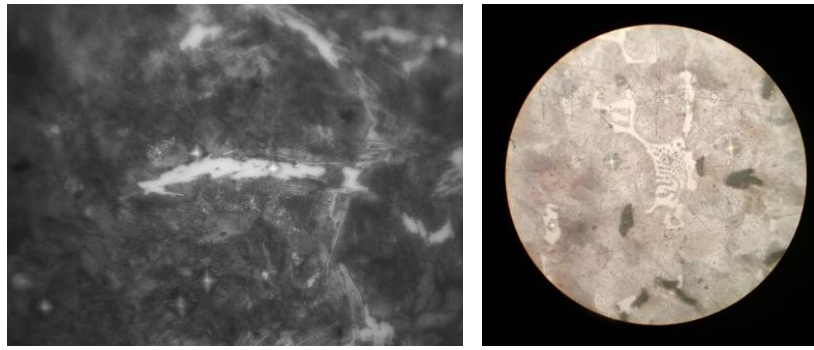
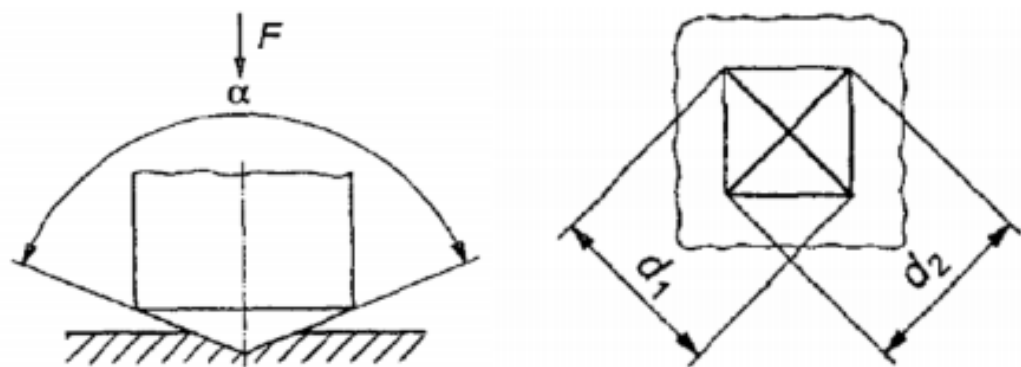


Рисунок 2.19 – Відбиток індентора на тілі зразка після проведення дослідження

Індентором слугує алмазна правильна піраміда з квадратною основою, кут між протилежними гранями біля вершини якої складає 136° . Випробування проводили при навантаженні $F=0,981$ Н. Час витримування зразка під навантаженням – 10 с. Мікротвердість за Віккерсом пропорційна результату ділення числового значення величини зусилля F на числове значення площі похилої поверхні відбитка, яка є правильною пірамідою з квадратною основою і має кут біля вершини, який дорівнює куту α біля вершини індентора (рис. 2.20).



α – кут між протилежними гранями біля вершини пірамідального індентора (136°); F – прикладене зусилля, Н; d_1 , d_2 – значення двох довжин діагоналей, мм

Рисунок 2.20 – Метод визначення мікротвердості за Віккерсом [43]

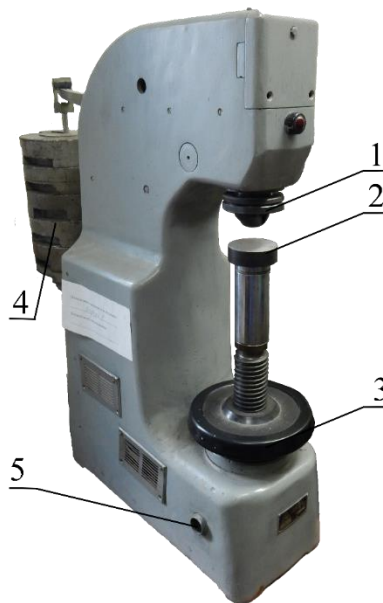
Число мікротвердості за Віккерсом у ГПа визначають за наступною формулою:

$$HV = 1,854 \cdot F / d^2 \quad (2.1)$$

де F – зусилля, що прикладене до індентора під час випробувань, Н;
 d – середнє арифметичне значення двох довжин діагоналей d_1 та d_2 , мм

2.7 Вимірювання твердості зразків

Твердість зразків вимірювали за методом Бринелля на приладі типу ТШ-2, загальний вигляд якого приведено на (рис. 2.21).



1 – індентор; 2 – опорний столик; 3 – маховик; 4 – вантаж;
 5 – кнопка «Пуск»

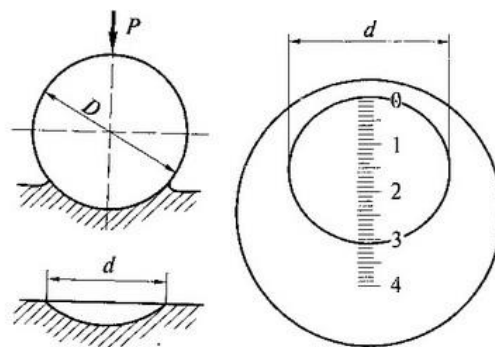
Рисунок 2.21 – Схема приладу ТШ-2 для визначення твердості за Бринелем

Випробування проводили наступним чином: спочатку підводять зразок до індентора, потім вдавлюють індентор в зразок з плавним зростаючим навантаженням (3000 кгс) протягом 2...8 с, після досягнення максимальної величини, навантаження на індентор витримується в певному інтервалі часу. Далі знімають прикладене навантаження, відводять зразок від індентора і вимірюють діаметр отриманого відбитка (рис.2.22).



Рисунок 2.22 – Отриманні відбитки

Діаметр відбитка вимірюють за допомогою мікроскопа (лупи Брінелля), на окулярі якого є шкала з поділками, відповідними десятим часток міліметра. Вимірювання проводять з точністю до 0,05 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Для визначення твердості приймають середню з отриманих величин.



P – навантаження; D – діаметр індентора; d – діаметр отриманого відбитка

Рисунок 2.23 – Схема вимірювання діаметру відбитка за допомогою лупи

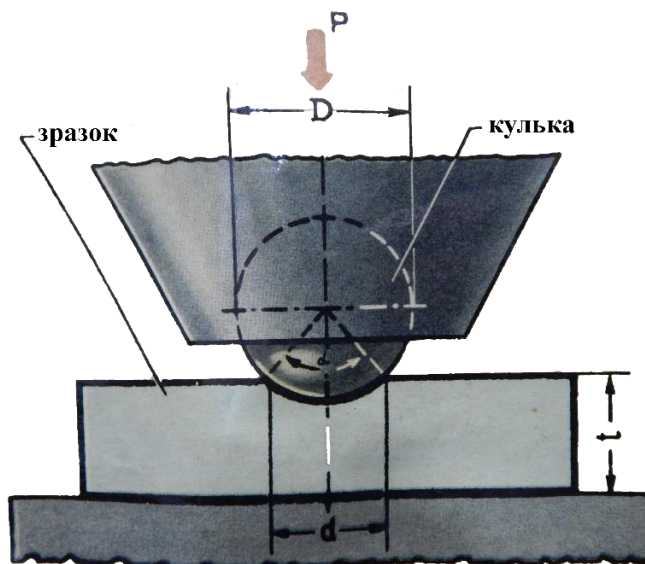


Рисунок 2.24 – Схема випробування твердості методом вдавнення сталевій кульки

2.8 Дослідження хімічного складу чавунів

Хімічний склад вихідного і модифікованого чавуну визначали на зразках вирізаних з виливків двома способами: аналітичним хімічним і спектральним експрес - аналізом.

Вміст вуглецю й сірки визначали методом вакуум-плавлення на аналізаторах АН 7529 і АС 7932, інші елементи (Si, Mn, P, Mg зал. ін.) - залишковий вміст магнію, вміст вуглецю, кремнію, фосфору, марганцю та сірки в чавуні до і після модифікування визначали за допомогою оптико-емісійного спектрометра фірми «BrukerMaterials» марки Q4 TASMAN (рис. 2.28).



Рисунок 2.25 – Аналізатори АН 7529 (а) та АС 7932 (б)

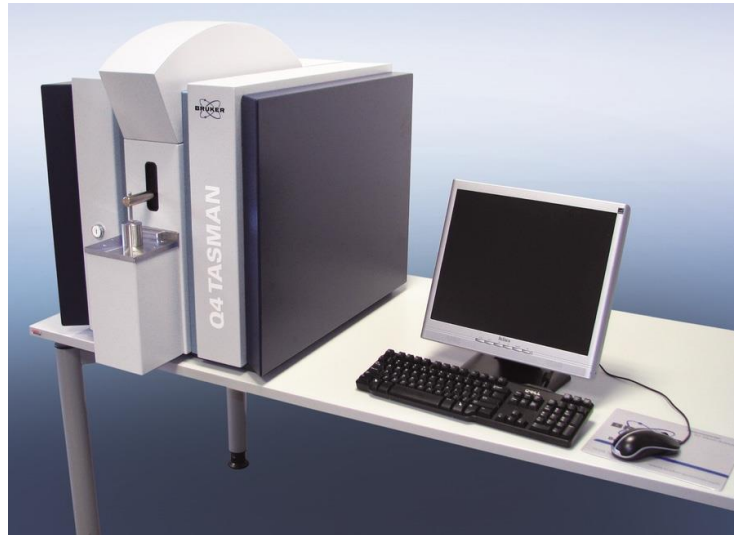


Рисунок 2.25 – Компактний багатоосьовий іскровий оптико-емісійний спектрометр фірми «BrukerMaterials» марки Q4 TASMAN

Експрес-контроль вуглецевого еквіваленту вихідного чавуну виконували термографічним методом (рис.2.29).

Порцію рідкого чавуну 1 (рис. 2.26) вуглецевий еквівалент якого визначали, заливаючи в спеціальну пробницю і реєстрували криву охолодження цього чавуну за допомогою програми DCON Utility на комп'ютері марки Samsung. Пробниця була виконана з піщано-глинястої суміші 2 у металевому жакеті 3. Робоча частина форми мала вигляд циліндра діаметром 80 мм і висотою 100 мм, і вміщувала 0,5 кг сплаву. Вимірювання температури проводили за допомогою стандартної вольфрам-ренієвою термопари 4, спай якої від прямого контакту з рідким чавуном захищали кварцовим наконечником 5. Термопара 4 з кабелем 6 була з'єднана з автоматичним електронним потенціометром 7 моделі IPC.COM 7038. Одна шкала потенціометра була проградуїрована у градусах за Цельсієм, а інша – безпосередньо у відсотках вуглецевого еквівалента, значення якого відповідало значенню температур ліквідус чавуну. Результати обробленні за допомогою пакету програм DCON Utility та Microsoft Exel.

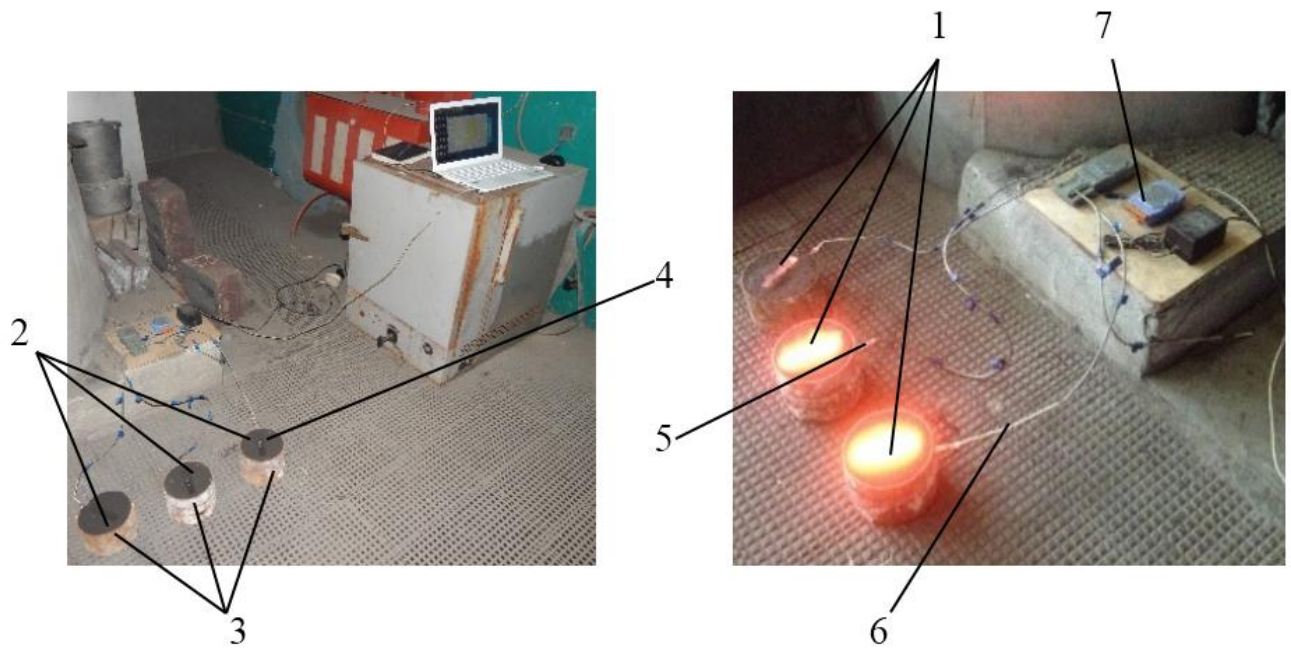


Рисунок. 2.26 – Прилад для термографічного експрес-контролю вуглецевого еквіваленту рідкого чавуну

Залежність вуглецевого еквівалента від температури ліквідус визначали за формулою:

$$C_e = 12,87628 - 0,00736 \cdot t_{\text{лік}} \pm 0,07 \quad (2.1)$$

де C_e – вуглецевий еквівалент, %;

$t_{\text{лік}}$ – температура ліквідусу, °C

2.9 Висновки

1. Спроектовано модель експериментальної проби «Брусок».
2. Змодельовані конструктивно-технологічні варіанти виготовлення чавунних виливків із диференційованими властивостями.
3. Вибрані шихтові матеріали та наведено технологічний процес виплавлення розплаву схильного до кристалізації з вибіленням за метастабільною діаграмою стану Fe-Fe₃C.

4. Вибрано добавки для внутрішньофомового сфероїдизувального та графітизувального модифікування розплаву вихідного чавуну.

5. Наведена методика процесу формоутворення при виготовленні експериментальних виливків у піщанно-глинястих формах.

6. Використанні стандартні методи хімічного та термічного аналізу, металографічних досліджень, а також визначення твердості та мікротвердості досліджуваних зразків.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Об'єктом дослідження при розробленні процесу виготовлення двошарових чавунних виливків обрали пробу «Брусок» розмірами $240 \times 120 \times 50$ мм та масою $10 \pm 0,2$ кг, який моделює типові чавунні двошарові промислові деталі (див. рис.2.1).

Підведення розплаву у порожнину форми за площинною розніму проводили крізь дві незалежні ливникові системи. Перша система складалася з ливникової воронки стояка та живильників. Друга система включала воронку стояк, реакційну камеру для модифікатора, шлаковловлювач и два живильника. Розосереджене, близьке до ламінарного підведення розплаву частково запобігало гідродинамічному перемішуванню чавунів у процесі заливання нижньої та верхньої частин виливка.

Крім цього відмінність у технологічних варіантах полягала у різному підведенні розплаву чавуну крізь незалежні ливникові системи до торцевих сторін проби (рис.3.1) та до її бокових сторін (рис.3.2), а також у використанні реакційних камер кубічної та циліндричної форми.

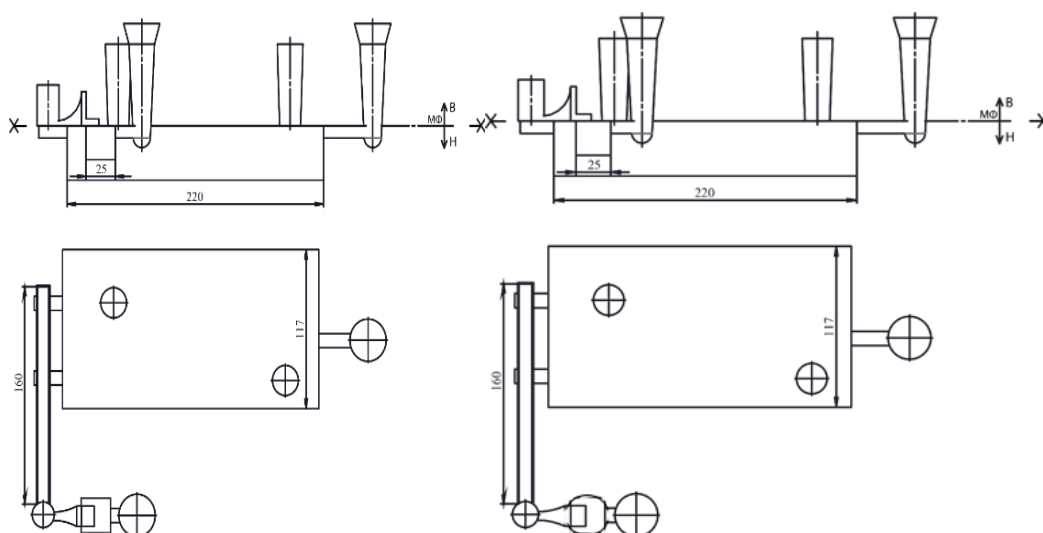


Рисунок 3.1 – Технологічні варіанти «тупикового» підведення розплаву чавуну до торцевих сторін проби при використанні реакційних камер кубічної та циліндричної форми

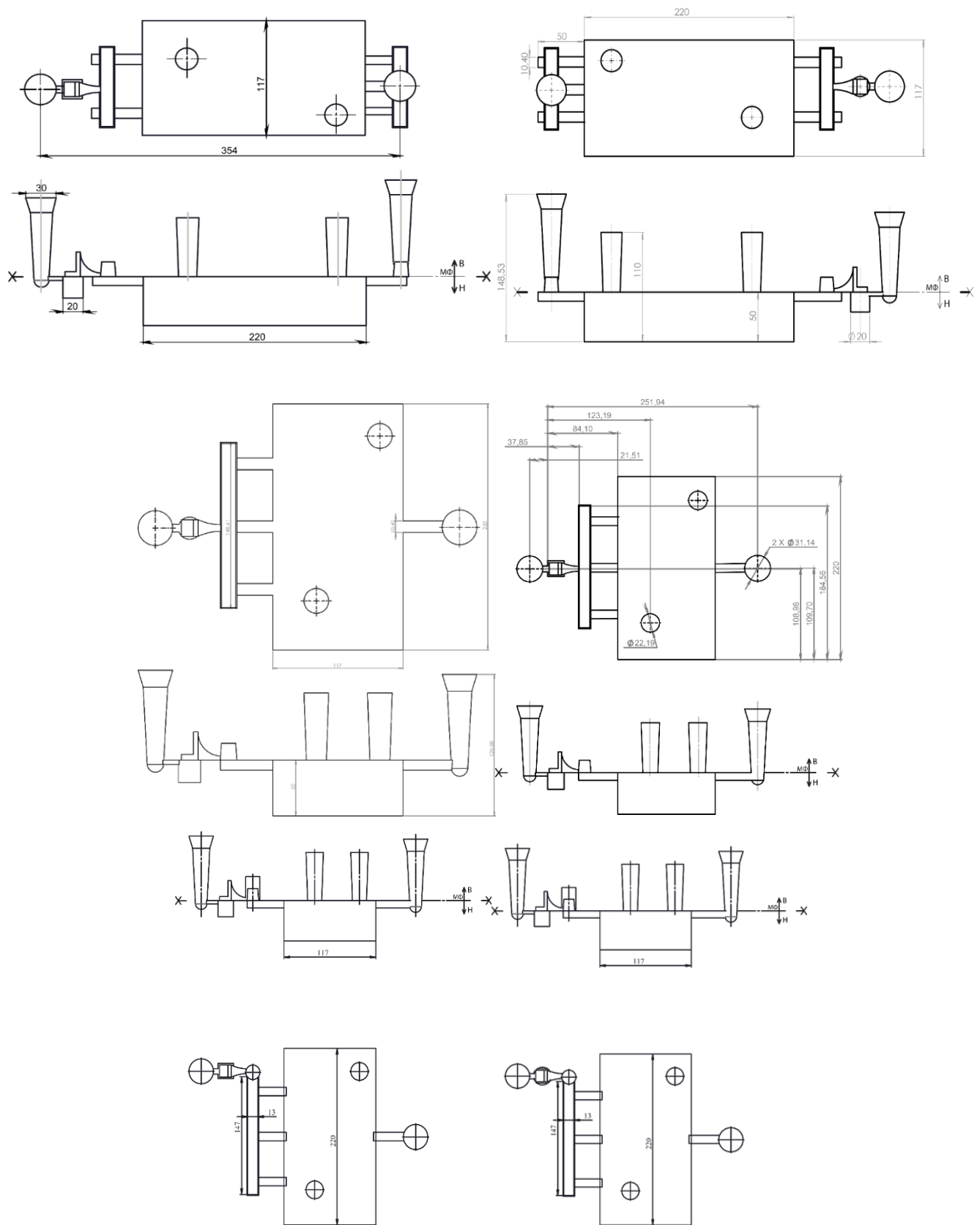


Рисунок 3.2 – Технологічні варіанти підведення розплаву чавуну до торцевих та бокових сторін проби при використанні реакційних камер кубічної та циліндричної форми

З аналізу літературних джерел встановлено:

1. хімічний склад чавуну (див. табл. 2.2), який кристалізується за метастабільною системою з вибіленням у виливках з перерізом стінки 30...50 мм, вуглецевий еквівалент, якого становить $C_e = 3,1 \dots 3,2 \%$.

2. Для забезпечення диференційованої структури у виливку та кристалізації чавуну за стабільною системою з включеннями графіту кулястої форми використовують модифікатор марки ФСМг7.

3. Для отримання матричного шару з сірого чавуну з пластинчастим графітом використовують модифікатор ФС75.

За результатами досліджень встановлено, що незалежно від місця підведення розплаву за обраними технологічними варіантами, при мінімальному часі витримування (5...10 с) між етапами заливання розплаву диференціація структури у матричному та робочому шарі не відбувається, а виливки (рис.3.3) кристалізуються з однорідною структурою сірого чавуну переважно з міждендритним пластинчастим графітом у перлітній металевій матриці, що підтверджується механічними властивостями поверхонь робочого та матричного шару виливка, твердість яких знаходиться в діапазоні 201...231 НВ (рис.3.3).



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд виливків з ливниковою системою, отриманих при витримці між етапами заливання 5...10 с

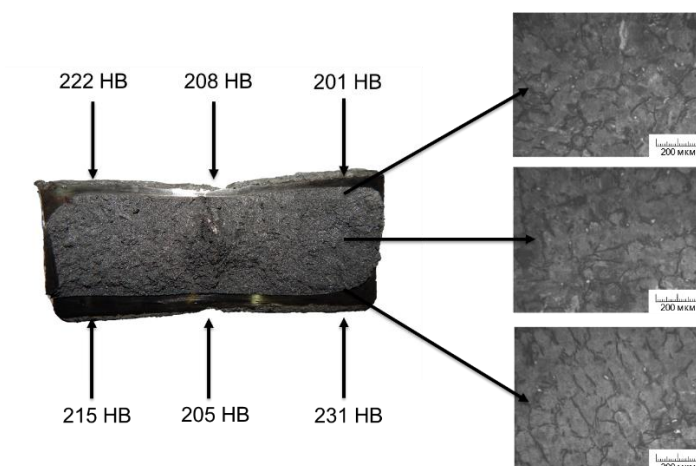


Рисунок 3.4 – Експериментальний виливок, виготовлений з витримкою 5...10 с між послідовними заливаннями

Отримання виливка «Брусок» з твердим зносостійким чавуном у робочому шарі виливка і м'яким в'язким чавуном – у матричному можливе за умов відсутності конвекційного та гідродинамічного перемішування, а також за умови низької швидкості дифузійного перерозподілу хімічних елементів, які здійснюють максимальний вплив на структуроутворення чавуну таких, як кремній та магній по перерізу виливка.

Для забезпечення вище вказаних умов провели дослідження впливу часу витримкування між послідовними етапами заливання на утворення у виливку диференційованої структури. Було обрано тривалість витримки між послідовними етапами витримки 30, 60, 90 та 120 с.

Позитивні результати досягнуто при витримкуванні між двома етапами заливання ливарної форм на протязі 60...90 с. При цьому в нижньому шарі виливка утворюється структура чавуну, яка майже не відрізняється від структури вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною діаграмою Fe-Fe₃C.

В результаті проведення внутрішньоформового графітизуючого модифікування сплавом ФС75 вихідного розплаву, який заливали на другому етапі

через іншу ливниково-живильну систему, верхній шар виливка кристалізується із сірого чавуну з пластинчастим графітом з переважно перлітною металевою матрицею.

Перехідна зона об'єднувала включення структурно вільного цементиту та включення пластинчастого графіту у перлітній металевій матриці (рис.3.5).

Результати модифікування оцінювали за кольором верхньої і нижньої частини зламу чавуну у центральному перерізі виливка. Додаткову інформацію одержували металографічним аналізом чавуну у приливних зразках та у центральній та бокових частинах виливка (див рис.2.16), а також визначення механічних властивостей нижньої і верхньої базових поверхонь проби «Брусок» та окремих структурних складових у всіх шарах виливка.

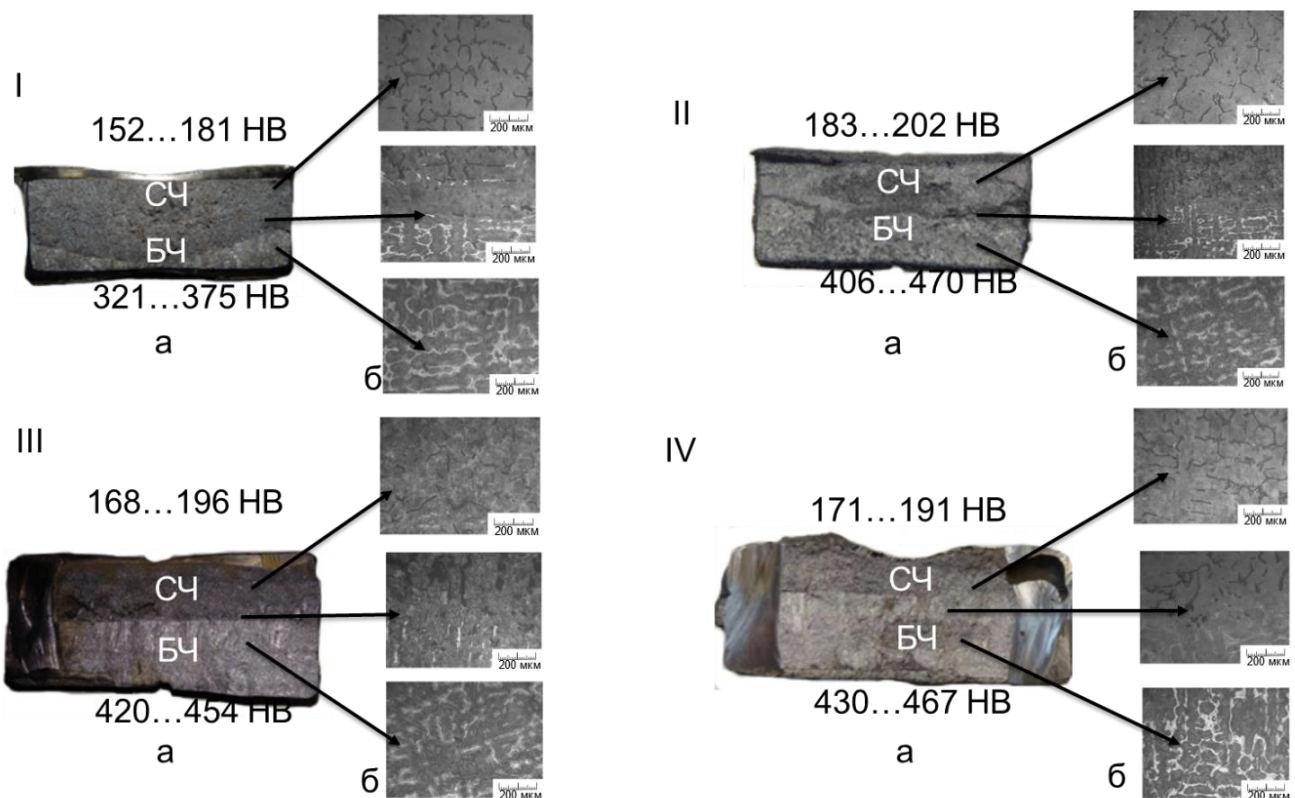


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд макроструктури зламу (а) та мікроструктури (б) виливків отриманих при витримуванні між послідовним заливанням форми 30 (I), 60 (II), 90 (III), 120 с (IV) з використанням графітізувального модифікатора ФС75

В усіх дослідях вихідний, не модифікований, чавун спрямовано кристалізувався від периферії до центру вилівка з білим крупнокристалічним зламом. Значна кількість цементиту та ледебуритної евтектики в поєднанні з дисперсними продуктами розпаду первинного аустеніту в мікроструктурі забезпечували твердість обох базових поверхонь вилівка на рівні 406...470 НВ.

При витримці між етапами заливання 120 с товщина вибіленого шару не рівномірна і збільшується в усі боки від термічного вузла вилівка також на поверхні металу в недолитій формі утворюється проміжна оксидна плівка, яка призводить до часткового розшарування двох різнорідних чавунів на межі їхнього контакту, а також – до утворення пор та раковин.



а – Обсипання формувальної суміші; б – Раковини та пори;

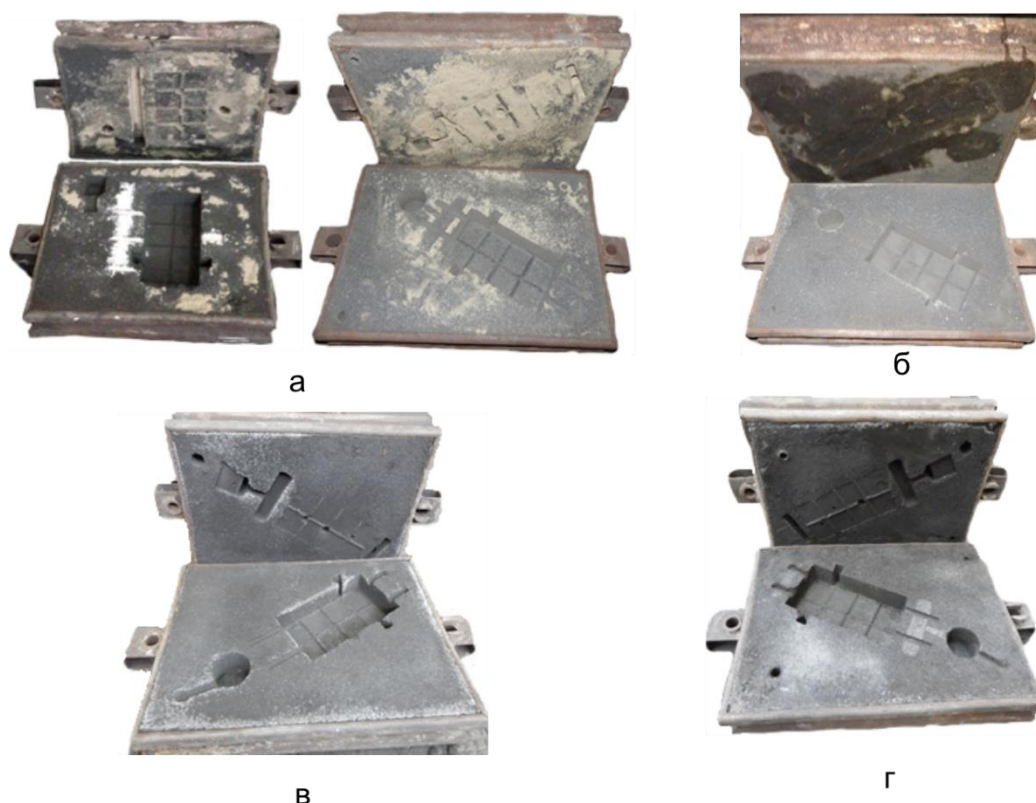
Рисунок 3.6 – Характерні дефекти виливків при недостатньому та надлишковому часі витримування між послідовним заливанням форми

При надлишковій тривалості витримки між двома етапами заливання форми випромінювання тепла відкритою поверхнею рідкої ванни розплаву сприяє утворенню зони конденсації вологи, втраті міцності формувальної суміші, відшаруванню та обсипанню формувальної суміші і розташованих над металом ділянок ливарної форми на дзеркало металу. Внаслідок цього в двошаровому виливку між шарами з білого і сірого чавунів, виявляється нерівномірний безформний шар спеченої формувальної суміші.

Для запобігання виникненню вище зазначених дефектів, використали наступні формувальні матеріали, фарби та добавки (рис.3.6):

- облицювальна суміш з рідким склом;
- фарба на основі рідкого скла;
- добавка триполіфосфат натрію;
- добавка гексаметафосфат натрію.

Експериментально встановлено, що використання реакційної камери циліндричної форми для забезпечує стабільні результати внутрішньоформового модифікування, на відміну від реакційної камери кубічної форми.



а – облицювальна суміш з рідким склом; б – фарба на основі рідкого скла;
в – добавка триполіфосфат натрію; г – добавка гексаметафосфат натрію

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд готових ливарних форм

Якісний щільний злам з рівномірним за товщиною вибіленим шаром і чіткою межею між шаром білого і високоміцного чавуну забезпечується при витримюванні впродовж 90 с перед доливанням чавуну через реакційну камеру з подрібненим сфероїдизувальним модифікатором ФСМг7. У мікроструктурі нижньої частини виливка спостерігаються включення структурно вільного цементиту та

ледебуритної евтектики у перлітній металевій матриці. Перехідна зона об'єднувала дендритні колонії цементиту, включення ледебуритної евтектики та включення графіту кулястої форми у перлітній металевій матриці.

У мікроструктурі верхньої частини перерізу присутні вкраплини графіту правильної кулястої форми у феритній оторочці, які знаходяться у перліто-феритній металевій матриці (рис. 3.7).

При виробництві вилівка з поєднанням шарів білого і високоміцного чавуну диференціація мікроструктури забезпечує різницю твердості між верхньою і нижньою базовими площинами вилівка на рівні 237...280 НВ. При цьому твердість верхньої поверхні проби «Брусок» у литому стані складає 210...218 НВ, а нижньої – 447...480 НВ (рис.3.8, а). Для вилівка з поєднанням шарів білого та сірого чавуну твердість поверхні матричного шару становить 152...181 НВ, а робочого – 420...470 НВ (рис.3.8, б).

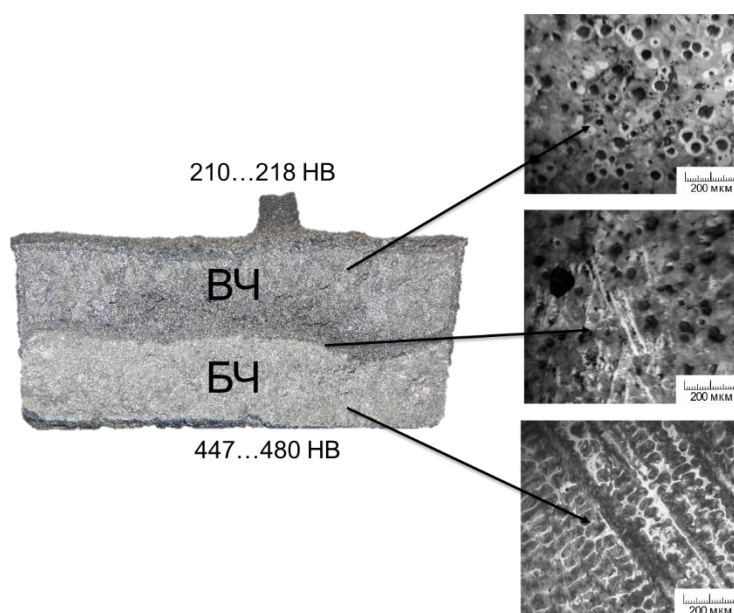
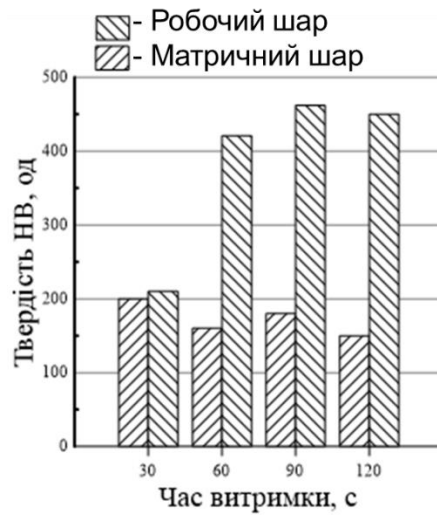
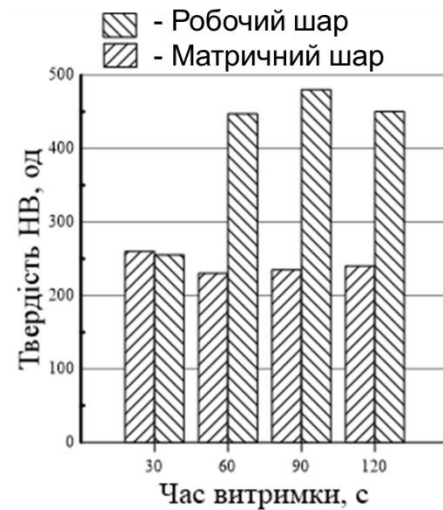


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд макроструктури зламу (а) та мікроструктури (б) виливків отриманих при витримуванні між послідовним заливанням форми 90 с з використанням сфероїдизувального модифікатора



а



б

Рисунок 3.8 – Залежність твердості поверхонь частин виливка від часу витримки між послідовним заливанням при використанні циліндричної реакційної камери для виливків з частинами СЧ+БЧ (а) та ВЧ+БЧ (б)

Встановлено, що у виливках з поєднанням шарів білого та сірого чавуну розмір перехідної зони по площинні контакту між шарами знаходиться в діапазоні від 203 до 503 мкм (рис.3.9), а для виливків з поєднанням шарів білого та сірого чавуну – від 690 до 875 мкм (рис.3.910).

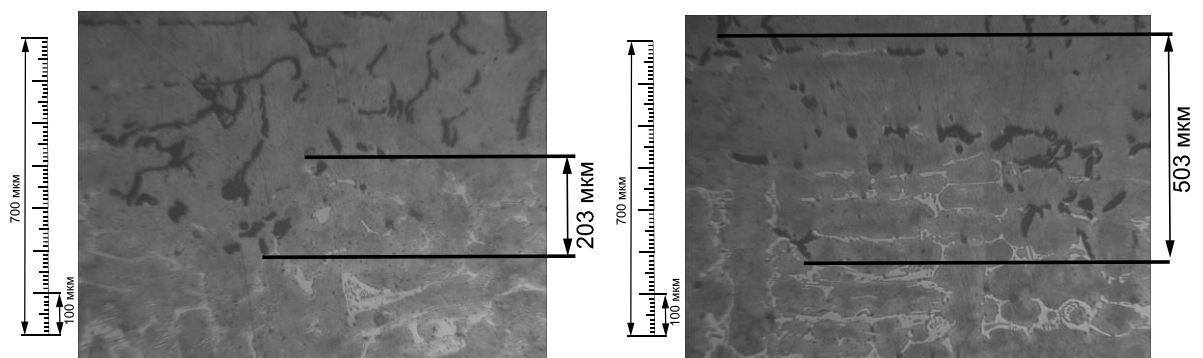


Рисунок 3.9 – Перехідна зона виливка з частинами СЧ+БЧ

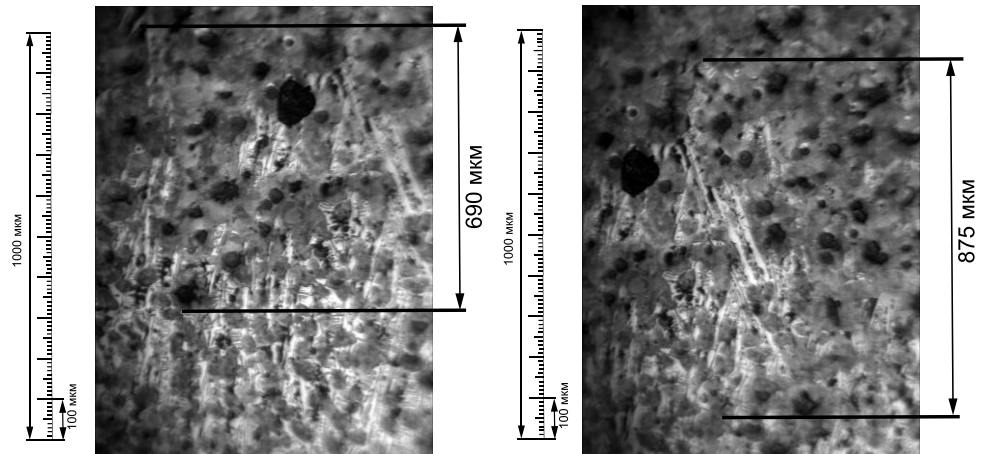
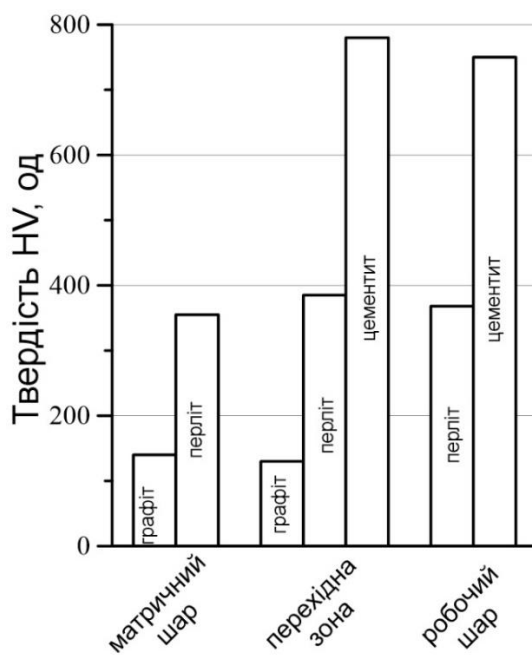
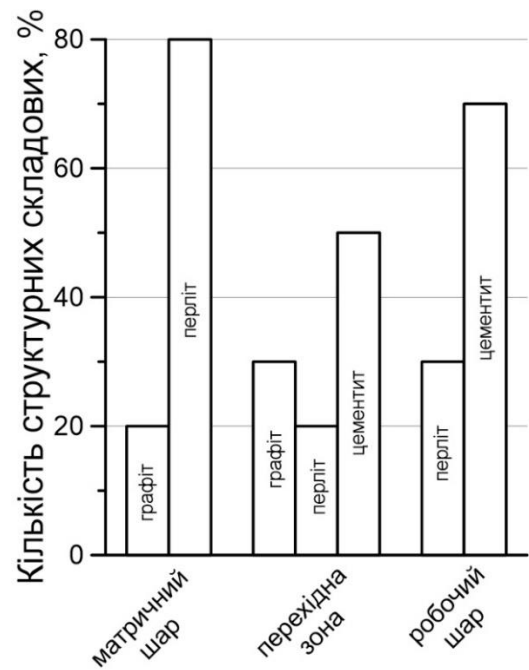


Рисунок 3.10 – Перехідна зона виливка з частинами ВЧ+БЧ

За результатами проведених досліджень було визначено характеристики мікротвердості структурних складових робочого шару, матричного шару та перехідної зони для виливків з поєднанням шарів білий-сірий чавун (рис.3.11, а) та білий-високоміцний чавун (рис.3.12, а). А також проведено кількісне оцінювання структурних складових виготовлених виливків за обома варіантами (рис.3.11, б; рис.3.12, б).



а



б

Рисунок 3.8 – Мікротвердість (а) та кількість структурних складових (б) у різних шарах виливка СЧ+БЧ

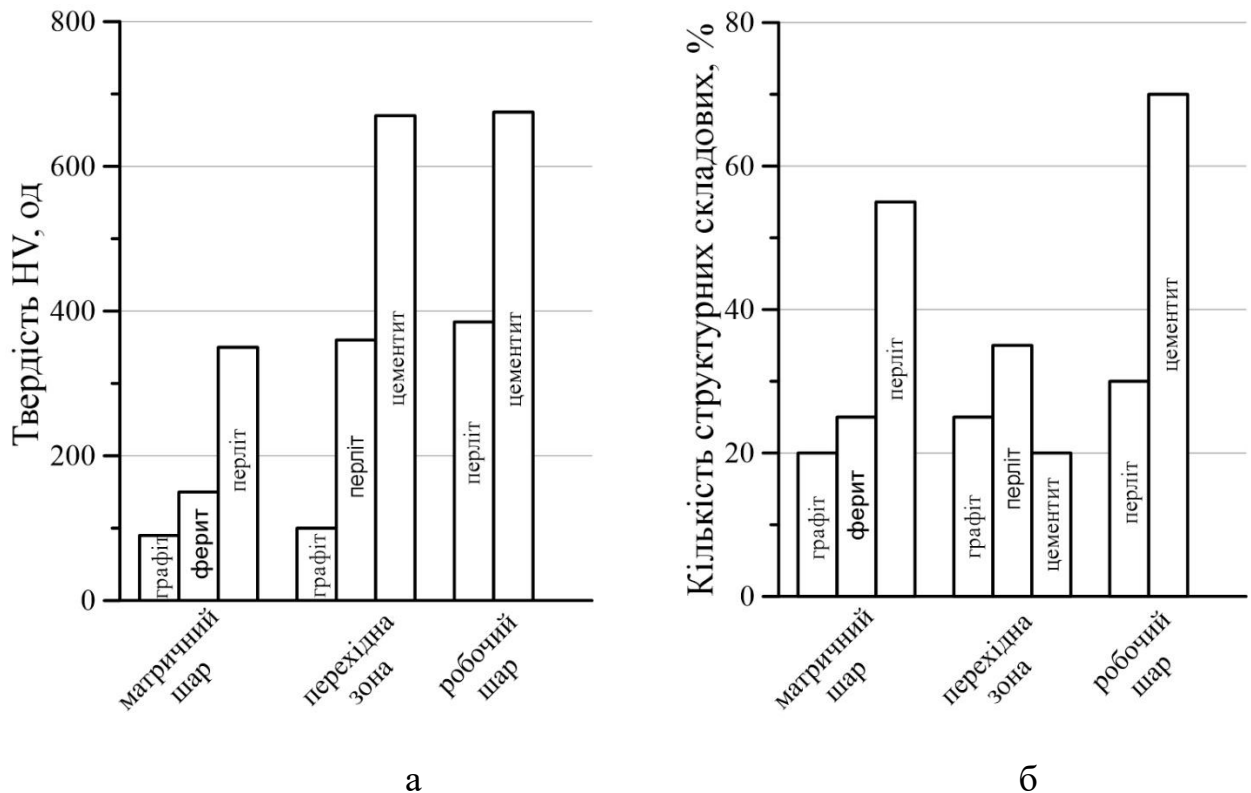


Рисунок 3.8 – Мікротвердість (а) та кількість структурних складових (б) у різних шарах виливка ВЧ+БЧ

Висновки

1. Визначено хімічний склад вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою: 3,05 % C; 0,5 % Si; 0,5 % Mn; 0,1 % P; 0,05 % S;
2. Для отримання у виливку шару сірого чавуну з пластинчастим графітом в якості графітізувального модифікатора для внутрішньоформового оброблення розплаву було обрано ФС75, а для отримання високоміцного чавуну з кулястим графітом – ФСМг7
3. Запропоновано та досліджено конструктивно-технологічні варіанти виготовлення двошарових виливків з робочою шаром білого чавуну який складається з включень цементиту у перлітній металевій матриці та матричним шаром із сірого або високоміцного чавуну з пластинчастим або

кулястим графітом у перлітній або перліто-феритній металевій матриці відповідно;

4. Досліджено механічні властивості окремих шарів виливка та перехідної зони;
5. Встановлено, що для забезпечення якісної диференціації шарів виливка необхідно витримувати часовий проміжок 60...90 секунд між послідовним заливанням вихідного розплаву чавуну у ливарну форму через незалежні ливникові системи;
6. Встановлено, що використання реакційної камери циліндричної форми та підведення розплаву до торцевої частини виливка забезпечує стабільніші результати отримання виливків із диференційованою структурою та властивостями у порівнянні з кубічною реакційною камерою та підведенням до бокової частини виливка;
7. Встановлено, що використання облицювальної суміші із зв'язувальним компонентом рідким склом, попереджує утворення у перехідній зоні виливка дефектів спричинених обсіпанням формульвальної суміші в наслідок дії теплового випромінювання дзеркала розплаву на верхню напівформу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вступ

Одним із головних напрямків державної політики у сфері охорони праці є забезпечення:

- конституційного права кожного працівника на здорові й безпечні умови праці, створення ефективної системи запобігання нещасним випадкам на виробництві і виникненню професійних захворювань;
- зменшення економічних втрат в результаті виробничого травматизму, аварій, професійних захворювань та надзвичайних ситуацій, унаслідок яких виробництво втрачає професійно підготовлені кадри, несе матеріальні збитки від втраченого або зруйнованого обладнання;
- створення умов, направлених на збереження життя і здоров'я працівників в процесі їх виробничої діяльності.

У даному розділі дипломного проекту аналізуються умови праці при проведенні внутрішньоформового модифікування при виробництві двошарових виливків.

Виявляються небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які діють на працівників під час виконання монтажних, складальних та калібрувальних робіт, опрацьовуються заходи щодо приведення робочих місць відповідно до вимог законодавства України про охорону праці та вимог нормативно-правових актів з охорони праці.

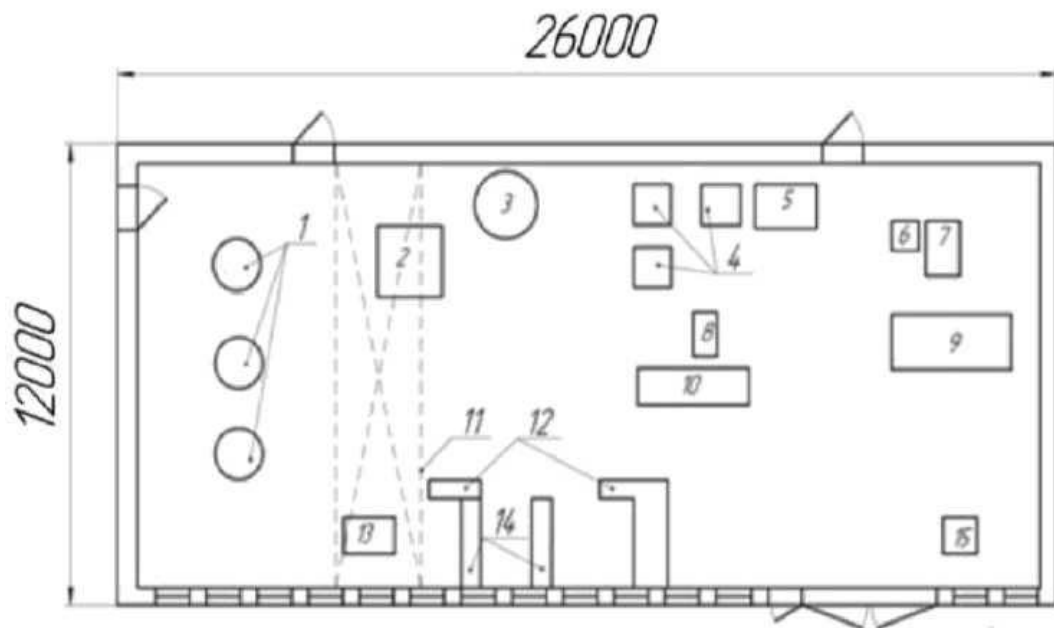
На підставі виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які діють на працівників під час проектування та виготовлення, проведемо розрахунки та заходи по усуненню шкідливих факторів виробництва.

Проводиться аналіз надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути в цеху, та заходи їх уникнення.

4.1 Аналіз основних шкідливих чинників

Роботи при проведенні внутрішньоформового модифікування при виробництві двошарових виливків з різнорідних чавунів проводились в ливарному цеху – лабораторії кафедри “Ливарне виробництво чорних і кольорових металів” НТУУ “КПІ ім. Сікорського”. (рис. 4.1).

Об’єм приміщення цеху дорівнює 1872 м^3 , площа 312 м^2 , висота 6 м.



1 - індукційні печі; 2 - сушило; 3 - котковий змішувач; 4 - формувальні машини; 5 - машини відцентрового лиття; 6, 7 - печі опору; 8 - шліфувальний станок; 9 - стелаж; 10 - стіл; 11 - кран-балка; 12 - шафи; 13 - установка ЕШП; 14 - столи; 15 - контейнер для сміття.

Рисунок 4.1 - План ливарного цеху з технологічним устаткуванням

При проведенні робіт використовується наступне обладнання: піч індукційна тигельна ІЧТ-016; сушило для сушіння форм; котковий змішувач; болгарка, шліфувальний станок, мікроскоп МИМ-8, твердоміри ТШ-2М та ТК-2, цифрова фотокамера «SonyDSC-W320».

Внутрішньоформове модифікування не є універсальним технологічним процесом. Майже для кожного типорозміру виливка необхідно відпрацьовувати конкретні режими литва. Тому в роботі підбирали вихідний склад чавуну, температура заливання розплаву в форму, кількість, тип та зернистість модифікувальних добавок для нашого виливка.

В цеху знаходиться 3 робочих місця

- об'єм на одного працівника $V = 624 \text{ м}^3$;
- площа на одного працівника $S = 104 \text{ м}^2$

Згідно СН 245-71 висота цеху повинна бути не менше 3,2 м, а об'єм і площа приміщення на кожного працівника 15 м та 4,5 м відповідно.

Таким чином, розміри приміщення по відношенню до кількості працюючих в ньому людей повністю відповідають вимогам СН 245-71.

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 на працівників ливарного цеху діють наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

Фізичні:

- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищене значення електричного струму.

Хімічні:

- подразнюючі, що проникають в організм людини через органи дихання. Пари, що утворюються при плавленні та модифікуванні чавуну.

Згідно Постанови КМУ від 26.10.2011 № 1107 роботи, які виконуються при модифікуванні чавуну та обладнання, яке використовується при виконанні цих робіт не відносяться до переліку робіт та обладнання підвищеної небезпеки, на які необхідно отримувати Дозвіл Держгірпромнагляду України.

Згідно НПАОП 0.00-2.24-05 та НПАОП 0.00-4.12-05 до переліку робіт з підвищеною небезпекою відносяться тільки плавильні, заливочні роботи і роботи при сушінні форм.

4.1.1 Мікроклімат

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється згідно з ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють оптимальні і допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму при виконанні робіт і періоду року.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, роботи в ливарному цеху відносяться до категорії робіт Пб середньої важкості (роботи, що виконуються стоячи, пов'язані із ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів, та супроводжуються помірним фізичним напруженням.) - енерговитрати складають 201...250 ккал/год (232...290 Вт) [19].

В даному приміщенні виготовляють піщано-глинисті форми, чавунні зразки, проводять вимірювання фізичних властивостей чавунних зразків. Частина досліджень проводять стоячи, а частину робіт можна проводити сидячи, також сидячи проводять записи та обробку всіх отриманих результатів вимірювання.

Параметри мікроклімату в робочій зоні приміщення для постійного робочого місця - місця на якому людина знаходиться більшу частину свого робочого часу. Оптимальні (допустимі) та фактичні показники мікроклімату наведені в табл. 4.1 та табл. 4.2.

Таблиця 4.1 Оптимальні (допустимі) величини температури, відносної вологості та руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, мас. %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої тяжкості ПБ	21...23 (17...19)	40.60 (75)	0,2 (не більше 0,4)
Теплий		22.24 (20.22)	(70 при 25°C)	0,3 (0,5-0,2)

Таблиця 4.2 Фактичні значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, мас. %	Швидкість руху повітря, м/с	Опалення
		факт.	факт.	факт.	
Холодний	Середньої тяжкості ПБ	22	55	0,2	Водяне
Теплий		23	45	0,2	

Згідно санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень при наявності джерел з інтенсивністю 35,0 Вт/м² і більше температура повітря на постійних робочих місцях не повинна перевищувати верхніх меж оптимальних значень для теплого періоду року.

Отже, порівнявши оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря робочої зони з фактичними робимо висновок, що температура повітря, відносна вологість, швидкість руху в робочій зоні

приміщення не виходять за межі оптимальних величин. Мікроклімат відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99

4.1.2 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Важливе значення для нормальної життєдіяльності людини має чисте повітря певного хімічного складу (кисень 20,95 об.%, азот 78,08 об.%, інертні гази 0,94 об.%) і яке має оптимальні параметри мікроклімату.

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони це така концентрація, яка при щоденній (окрім вихідних днів) роботі протягом 8 годин або іншому терміну дії, але не більше як 41 година на тиждень, виявлених сучасними методами досліджень, в процесі трудової діяльності або у віддалені строки життя теперішніх та майбутніх поколінь.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони наведена в ГОСТ 12.1.005–88 [20].

В цеху (табл. 4.3) виконувався технологічний процес плавлення чавуну. При виробництві 100 кілограм чавуну в повітря виділяється приблизно 25 кг. оксидів вуглецю та 0,2 кг. оксидів азоту [21].

Згідно ГОСТ 12.1.005–88:

- а) оксиди вуглецю відноситься до четвертого класу небезпеки;
- б) оксиди азоту відноситься до другого класу небезпеки.

Отже, повітря робочої зони відповідає санітарним нормам, оскільки концентрація шкідливих речовин у повітрі не перевищує ГДК. Для додаткового захисту від оксидів азоту, який призводить до дратівливої дії на дихальні шляхи та кров'яні судини, використовуємо додаткові засоби захисту – респіратори. При плавленні чавуну – захисні окуляри та сукняний костюм плавильника.

Плавлення чавуну проводились в індуктивних печах, які обладнані системою відведення угарних газів.

Таблиця 4.3 - Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

№ з.п.	Технологічний процес	Найменування інгредієнту	ГДК, мг/м ³	Фактична концентрація, мг/м ³	Агрегатний стан
1	Плавлення чавуну	Оксиди вуглецю	20	5	Газ
2	Плавлення чавуну	Оксиди азоту	5	0,5	газ

4.1.3 Освітлення

Природне освітлення однобічне, здійснюється через світлові отвори (вікна), розмірами 1 x 1,4 м, кількість 13 штук. Площа вікон 18,2 м².

Штучне освітлення – загальне.

В якості світлових пристроїв використовуємо світильник типу ЛПО з двома газорозрядними люмінесцентними лампами низького тиску типу ЛБ-40, з частковим пилезахистом. В кожному світильнику встановлено по 1 лампі, світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi = 36000$ лм. Світильники розміщені на відстані 20 см від стелі. Кількість світильників – 20 шт.

Нормування параметрів освітлення за ДБН-В.2.5-28-2006.

Характеристика зорової роботи в цеху відноситься до дуже високої точності. Відповідно до вимог ДБН-В.2.5-28-2006 для розряду і під розряду зорової роботи Іа (розмір об'єкта 0,15...0,3 мм; фон – темний; контраст об'єкта з фоном – малий) освітленість повинна становити:

- всього 4000 лк;
- від загального 750 лк.

Відповідно до ДБН-В.2.5.28-2006 передбачається очищення світильників не рідше двох разів на рік, при цьому одна очистка капітальна. При проведенні капітальної чистки передбачається ремонт світильників.

4.1.4 Перевірочний розрахунок штучного освітлення

Як вже вказувалося, виконання робіт в темний час доби вимагає забезпечення достатнього рівня освітленості за рахунок комбінованого штучного освітлення.

Висоту підвісу світильника визначаємо за формулою:

$$h = H - h_c - h_p - h_n \quad (4.1)$$

де H – висота приміщення, м;

h_c – висота світильника, м;

h_n – відстань від стелі до підвісу, м;

h_p – висота робочої поверхні.

Для цеху дані такі: $H=6$ м; $h_c=0,2$ м; $h_n=0,2$ м; $h_p=0,6$ м;

Тоді:

$$h = 6 - 0,2 - 0,2 - 0,6 = 5 \text{ м.}$$

Габарити приміщення складають: $A = 26$ м (довжина), $B = 12$ м (ширина).

Визначимо освітленість в робочій точці:

$$E = \frac{F_{\text{л}} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{K_3 \cdot S \cdot Z} \quad (4.2)$$

де N – кількість світильників, штук;

$F_{\text{л}}$ – потік лампи одного світильника, лм;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа освітлення, м^2 ;

n – це кількість ламп у світильнику;

Z – коефіцієнт нерівномірності, в межах 1,15...1,3;

K_z – коефіцієнт запасу, вибирається для врахування старіння ламп та їхнього запилення в межах 1,1...1,7.

Для визначення η знаходимо показник приміщення i :

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (4.3)$$

де S – площа приміщення, м²;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота від рівня підлоги до світильника, м

Тоді:

$$i = \frac{26 \cdot 12}{5 \cdot (26 + 12)} = 1,6$$

У нашому випадку забезпечення штучного освітлення здійснюється за допомогою джерел штучного освітлення, для якого використовуємо світильник типу ЛПО з двома газорозрядними люмінесцентними лампами низького тиску типу ЛБ-40, а світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi_{\text{л}} = 3200$ лм, потужністю 40 Вт.

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку, виходячи із значень коефіцієнтів відбиття й індексу приміщення: $\eta = 0,52$ (Звідки Ви взяли це значення η .)

Значенню індексу приміщення $i = 1,6$ із таблиці відповідає значенню $\eta = 0,52$ коефіцієнт використання світлового [20].

Отже, обираємо значення $\eta = 0,52$ для ламп ЛПО; $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$; $\rho_{\text{стін}} = 50\%$.

$$E = \frac{3200 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0,52}{1,5 \cdot 218 \cdot 1,15} = 265,4 \text{ лк.}$$

Розраховане значення освітленості, яке створюється 20 світильниками становить 265,4 лк, що відповідає встановленому ДБН-В.2.5-28-2006 при системі загального освітлення 200 лк.

4.1.5 Розрахунок природного освітлення

Знаходження світлової енергії однобічне, і в приміщенні немає інвентаря, який заважає проникненню світла.

$$e_N = e_n \cdot m \quad (4.4)$$

де e_N - нормативне значення КПО, %;

e_n - значення КПО, що залежить від характеристики зорових робіт і освітлення (при боковому освітленні і робіт зі середньою зоровою точністю $e_n = 1,5$) [82]

$m = 0,85$ - коефіцієнт світлового клімату для розміщення вікон із південної сторони.

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 0,65$$

Розрахунок рівня природного освітлення здійснюється за формулою:

$$100 \cdot \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_N \cdot K_j \cdot \eta}{\tau \cdot r} \cdot K_{зд} \quad (4.5)$$

$$e_N = \frac{100 \cdot S_o \cdot \tau \cdot r}{S_n \cdot K_3 \cdot \eta \cdot K_{зд}} \quad (4.6)$$

$K_j = 1,2$ - коефіцієнт запасу, враховує зниження світлопропускання вікон і середовища у приміщенні;

$\eta = 6,5$ - світлова характеристика вікон, залежить від відношення розмірів приміщення (довжини до глибини та глибини до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна);

$S_0 = 18,2 \text{ м}^2$ - площа вікон

$K_{зд} = 1,1$ - коефіцієнт, який враховує затінення будівлями, які розташовані навпроти (залежить від відношення відстані між будівлями до висоти карнизу протилежного будинку над підвіконником);

τ_0 - загальний коефіцієнт світлопропускання.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (4.7)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, який визначається в залежності від виду світлопропускнуго матеріалу (при подвійному склі 0,8);

τ_2 – коефіцієнт, який враховує втрати світла у віконній рамі (вид рами спарений 0,7);

$\tau_3 = 1$ – коефіцієнт, який враховує втрати в несучих конструкціях;

$\tau_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 1$ – коефіцієнт, який враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями.

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,56$$

$$e_{\text{фактичний}} = \frac{100 \cdot 18,2 \cdot 0,56 \cdot 1,5}{312 \cdot 1,2 \cdot 6,5 \cdot 1,1} = 0,7$$

Таким чином коефіцієнт природного освітлення в нашому приміщенні становить 0,7, а нормативний КПО, при бічному освітленні має становити 1,28 (за ДБН В.2.5-28-2006). Отже, лабораторне приміщення не забезпечується необхідним природним освітленням, тому у денний період потрібно застосовувати сумісне освітлення.

4.2 Розроблення заходів по нормалізації умов праці та усунення небезпечних та шкідливих чинників

4.2.1 Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук

У приміщенні основним джерелом шуму є таке обладнання як: вентиляційні шафи, бігуни для приготування стрижневої та формувальної суміші, болгарки, шліфувальні верстати які необхідні для різання, оброблення поверхонь та інших фінішних операцій.

Фактичний рівень шуму в приміщенні становить - 65.. 75 дБ.

Допустимий рівень шуму становить - 80дБ.

Таким чином, шум в даному ливарному цеху не причиняє ніякої шкідливої дії на людський організм.

Згідно ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації санітарні норми поширюються на загальну та локальну вібрацію, що впливає на людину у процесі її трудової діяльності.

Приміщення відноситься до категорія 3 - технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації, а саме вібрація в період замішування формувальної суміші.

За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну вібрацію. Загальна вібрація передається на тіло людини, яка сидить або стоїть, переважно через опорні поверхні. Локальна вібрація передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом.

За джерелом виникнення локальну вібрацію ручних інструментів та деталей, які оброблюються. Вібрація непостійна та відповідає нормам.

Фактичний рівень вібрації в приміщенні становить - $5 \cdot 10^{-5}$ м/с².

Допустимий рівень вібрації становить - $3 \cdot 10^{-4}$ м/с².

Порівнявши фактичні значення рівня шуму та вібрації можна зробити висновок що приміщення задовольняє вимогам санітарним норм ДСН 3.3.6.037-99.

Інфразвук та ультразвук відсутні.

4.2.2 Виробничі випромінювання

До виробничих випромінювань відносяться:

- випромінювання оптичного діапазону - ультрафіолетові (УФВ), лазерні (ЛВ), інфрачервоні (ІЧВ);
- електромагнітні випромінювання (ЕМВ) НЧ, ВЧ, УВЧ, НВЧ діапазонів; іонізуючі випромінювання.

Основним джерелом ультрафіолетових випромінювань з довжиною хвилі в діапазоні 254-365 нм. є лампи високого тиску ДРИ-400.

Інтенсивність ультрафіолетових випромінювання від ламп високого тиску не перевищує 0,05 Вт/м що відповідає вимогам санітарних правил і норм для середньо-хвильового ультрафіолетового випромінювання.

Джерелом, інфрачервоних випромінювань є розігріта шахта печі, розплавлений метал і метал виливків.

Максимум енергії випромінювання відповідає хвилям, довжина яких визначається за законом зміщення Вина:

$$\lambda_{\max} = 2,88 / 1573 \text{ K} = 1,83 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

T - абсолютна температура розплавленого в печі металу, T=1573 K.

За стандартом ISO 20473:2007 випромінювання з довжиною хвилі 1,83 мкм належить до ближнього інфрачервоного випромінювання, яке знаходиться в межах від 780 до 3000 нм (0,78-3,00 мкм).

Найбільший нагрів викликають промені з довжиною хвилі близько 3 мкм.

Промені поглинаються шаром епідерміса, слизистою рідиною і рогівкою ока. Під їхньою дією з'являються патологічні зміни очей: кон'юнктивіти, помутніння рогівки, опік сітківки, "снігова" сліпота.

Інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 0,78 - 1000$ мкм викликає тепловий ефект.

Під час роботи працівник піддається впливу теплового опромінення. Інтенсивність теплового опромінення визначається по формулі:

$$Q = 0.78 \cdot F \cdot [(T_0 / 100)^4 - A] / L^2, \text{ Вт/м}^2 \quad (4.8)$$

Де Q - Інтенсивність теплового опромінення, Вт/м ;

F - площа випромінюючої поверхні, $F = 0.1 \text{ м}^2$;

T_0 - температура випромінюючої поверхні, $T = 1573 \text{ К}$;

L - відстань від центра випромінюючої поверхні до об'єкта, що опромінюється, $L = 5 \text{ м}$;

A - емпіричний коефіцієнт для поверхні, що опромінюється (для шкіри людини і сукна $A = 110$)

$$Q = 0.78 \cdot 0.1 \cdot [(1573 / 100)^4 - 110] / 25 = 190.7 \text{ Вт/м}^2;$$

Розрахункове значення інтенсивності теплового опромінення від нагрітого металу становить 190.7 Вт/м^2 , що перевищує допустиму інтенсивність опромінення $140,0 \text{ Вт/м}^2$ згідно ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99.

При цьому опроміненню не повинно піддаватися більше за 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту (спецодяг, окуляри, щитки) згідно ГОСТ 12.4.011-89.

Згідно санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99 при тепловому опроміненні на людину 350 Вт/м^2 допустима тривалість безперервних періодів роботи становить 20 хв, тривалість перерв - 8 хв, сумарне опромінювання протягом зміни не повинно перевищувати 50%.

Для виключення теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування чи огорожувальних пристроїв повинна бути не більше 45°C.

Джерелом електромагнітних випромінювань є: індукційна піч, бігуни для приготування суміші, витяжка, трансформатори ливарного комплексу, лампи штучного освітлення.

Фактична напруженість електромагнітного поля промислової частоти (50 Гц) становить 2,0 кВ/м при 8 год роботи.

Рівні випромінювань в цеху не перевищують допустимих значень електромагнітних випромінювань 5 кВ/м, згідно з вимогами ГОСТ 12.1.002-84 та ДСН 239-96.

В приміщенні іонізуючі, лазерні, рентгенівські випромінювання відсутні.

Для захисту голови від теплових опромінь, іскор та бризок металу використовують повстяний капелюх, захисну каску з підшоломником. Для захисту очей та обличчя – щиток теплозахисний сталевара, з прикладними для нього захисними окулярами із світлофільтрами, маски захисні з прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові із світлофільтрами.

4.2.3 Аналіз електробезпеки

Згідно ПУЕ приміщення з точки зору ураження людини електричним струмом відносяться до приміщень з особливо небезпечних, тому що:

- відсутня висока відносна вологість повітря (не перевищує 75 % протягом тривалого часу);
- відсутня висока температура (не перевищує 35 °C протягом тривалого часу);
- є можливість одночасного дотику до металевих корпусів електрообладнання та заземлених елементів;
- є струмопровідна підлога.

Енергоустаткування та проводка знаходиться у справному стані, тому і задовольняє всі вимоги електробезпеки. Увесь цех живиться від мережі напругою 220 В. Індукційна піч живиться від напруги 380 В.

На кожному робочому місці встановлені:

а) щиток із розетками із чітким позначенням напруг, які подаються через розетки. Розетки встановлені на робочому місці, мають автономні вимикачі і плавкі запобіжники; На розетках написи 220 В та 380 В.

б) набір клем заземлення, який пов'язаний із загальним контуром заземлення.

Ураження електричним струмом можливе при одночасному доторканню до

металевих заземлюючих предметів і корпусів електроустановок.

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

1. Доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус, ушкодження ізоляції або іншої несправності.

2. Потрапляння під напругу під час проведення ремонтних робіт на вимкненому обладнанні за причиною помилкового включення або з причини недотримання часу, необхідного для зняття електричних зарядів з високовольтних шин, розрядки конденсаторів.

Вплив електричного струму на організм може мати небезпечні для здоров'я людини наслідки і навіть привести до смерті. Ймовірність смертельного випадку при поразці електричним струмом вища, ніж при інших причинах травматизму.

На дію електричного ураження впливає ряд факторів:

- пошкодження ізоляції;
- доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус.

При розробці захисних заходів, вважають травматичним струм у 25 мА, при якому важко самотійно відірватися від провідника, а струм величиною 100 мА може привести до смертельного результату.

В цеху знаходяться індукційна піч та сушильна шафа, корпуси яких мають два шари вогнетривкої цегли та азбесту, також обидва пристрої встановлені на ізолюючому покритті, що називається подвійною ізоляцією, таким чином ці пристрої не потребують додаткового заземлення.

Захист людей здійснюється за допомогою ізоляції струмопровідних частин, створення захисних огорожень, нанесення попереджувальних знаків і написів.

Крім технічних засобів і способів захисту є організаційні заходи:

- Періодична перевірка ізоляції струмоведучих проводів;
- До роботи на електроустановках допускаються особи, які пройшли інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірку знань згідно з посадою стосовно до виконуваної роботи;
- Навчання працівників безпечним прийомам праці проводиться у формі інструктажу. За характером і часом проведення він поділяється на вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий і поточний;
- Обслуговуючий персонал і користувачі повинні щорічно проходити перевірку знань на відповідність кваліфікаційній групі.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Закон України «Про захист населення і території в умовах надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» дає наступне визначення надзвичайної ситуації.

Надзвичайна ситуація - це порушення умов життєдіяльності людей викликані виробничими аваріями, катастрофами, стихійними лихами, епідеміями які привели або можуть привести до людських жертв і великим матеріальним збиткам.

Ефективність захисту населення у надзвичайній ситуації (НС) може бути досягнута тільки на основі усвідомленого урахування принципів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях і ефективному використанні всіх засобів і способів, що послаблюють її негативні впливи та збільшують безпеку населення.

В залежності від характеру причин виникнення надзвичайної ситуації розрізняють:

- надзвичайну ситуацію техногенного характеру;
- надзвичайну ситуацію екологічного характеру;
- надзвичайну ситуацію природного характеру;
- надзвичайну ситуацію соціального характеру.

Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи. Перша - це завчасна підготовка і накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних і шкідливих чинників, забезпечення їхньої готовності для використання населенням, а також підготовка до проведення заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику). Друга - диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів в залежності від виду джерел небезпечних і шкідливих чинників, а також від місцевих умов. Третя - комплексне ефективне застосування засобів і способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техносоціальному середовищі.

Щоб запобігти виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру в нашій країні створена Єдина державна система запобігання і регулювання на надзвичайній ситуації техногенного характеру.

Кожний рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління щодо розв'язання завдань у сфері запобігання надзвичайної ситуації, захисту населення.

Координуючі органи ЄДСЗР:

- загальнодержавний рівень: (державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення);
- регіональний рівень;
- місцевий рівень;
- об'єктовий рівень.

Можлива надзвичайна ситуація може досягати об'єктового рівня. У ливарному цеху, до надзвичайної ситуації об'єктового рівня можна віднести пожежу. Причини виникнення і пожежі і порядок дій при надзвичайній ситуації наведено у попередньому меню. Згідно Класифікатора надзвичайних ситуацій в Україні надзвичайною ситуацією об'єктового рівня вважається така ситуація, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони. Для спрощення машинної обробки інформації класифікатор визначає оригінальний код кожної надзвичайної ситуації, що складається з 5-ти цифр, які вказують на клас, групу і вид надзвичайної ситуації (О - об'єктовий, М - місцевий, Р - регіональний, Д - державний).

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 будівля відноситься до 1 ступеня вогнестійкості (будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях - це евакуація населення, його укриття в захисних спорудах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики, що зазначені у попередньому розділі. Захисні споруди - це інженерні об'єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних і шкідливих чинників.

Надзвичайні ситуації що можуть виникнути в приміщенні:

- пожежа внаслідок короткого замикання (техногенного характеру об'єктового рівня);

- ураження електричним струмом (техногенного характеру об'єктового рівня).

4.3.1 Пожежна безпека

Для забезпечення пожежної безпеки ливарноому цеху і безпечної роботи необхідно забезпечити цех відповідним пожежним устаткуванням, ручним інструментом і інвентарем.

Оскільки приміщення обладнане електроустаткуванням (індукційні тигельні електропечі ІСТ - 006, шафи керування, формувальне і інше устаткування), для гасіння можливої пожежі необхідно використовувати ручні вогнегасники: вуглекислотні (ОУ - 2 і ОУ - 8) і холодкові (ОАХ - 0,5).

Для забезпечення безпечної евакуації людей при виникненні пожежі передбачено евакуаційні виходи (див рис 4.2). Видалення диму в випадку пожежі здійснюється через віконні і ліхтарні прорізи, а також через димові люки.

Виникнення пожеж в лабораторії можливе за такими причинами:

- порушення правил протипожежної безпеки;
- несправність електроустаткування;
- необережне поводження з вогнем;
- ремонт устаткування на ходу;
- конструктивні недоліки устаткування;
- порушення ізоляції електромережі або кабелів;
- несправність індукційних електропечей;
- замикання в шафі генераторної кімнати плавильного комплексу;
- проривання металу через тигель та порушення системи охолодження;
- неправильне користування устаткуванням.

Для запобігання пожеж необхідно чітко дотримуватись правил протипожежної безпеки.

Класифікація приміщення:

– категорія пожежонебезпечності приміщення – В (горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться, або використовуються, не відносяться до категорій А та Б) згідно з ОНТП 24-86;

– клас зони П згідно —Правил улаштування електроустановок (ДНАОП 0.00-1.32-01), (простір за якого вибухонебезпечне середовище за нормальних умов праці відсутнє, а якщо і виникає то ненадовго і рідко);

– клас потенційно можливої пожежі А, D, Е згідно з Міжнародним стандартом ISO №3941-77 (А-тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжуються тлінням (деревина, текстиль, папір); D-метали та їх сплави; Е-устаткування під напругою);

– установка ЕПС (електрична пожежна сигналізація) включає датчики типу НТЛ та ДТЛ (датчик тепловий легкоплавкий) ;

– для пожежного зв'язку використовується телефон;

– евакуація з поверху де знаходиться робоче приміщення виконується згідно з планом.

У випадку виникнення пожежі на електроустановці, яка знаходиться під напругою полум'я, котре виникає, гаситься не водою, а за допомогою вуглекислотного (ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8) чи вуглекислотноброметилового (ВВБ-3, ВВБ-7) вогнегасників. Для попередження персоналу про виникнення пожежі спрацьовують оповісники.

В лабораторії є вуглекислотний вогнегасник ВВ-2 (ГОСТ 111564-65), а на сходових клітках і в коридорах ящики з піском, вогнегасники типу ВВ-8, пожежні крани.

Отже, для запобігання пожеж необхідно чітко дотримуватись правил протипожежної безпеки. У випадку виникнення пожежі на електроустановці, яка знаходиться під напругою, полум'я, котре виникає, гаситься не водою, а за допомогою вуглекислотного чи вуглекислотноброметилового вогнегасників.

Також необхідно встановити автоматичний пожежний сповіщувач системи пожежної сигналізації, яка автоматично подає сигнал тривоги при виникненні одного або кількох ознак пожежі: підвищенні температури, появи диму або полум'я на приймальний прилад, появи значних теплових випромінювань.

Цех обладнаний пожежним інвентарем (пожежний щит, ящики з піском, азбестове полотно), пожежним ручним інструментом - ломи, сокири і ін. Передбачено пожежний гідрант і пожежний кран, укомплектований пожежним рукавом з приєднаним до нього пожежним стовбуром. Передбачений вільний доступ до мережних рубильників і вимикачів, для випадку КЗ передбачені запобіжники й автоматичне відключення мережі, двері на шляху проходження людей відкриваються назовні, ширина дверей не менше 0.8м, а висота проходу більше 1м.

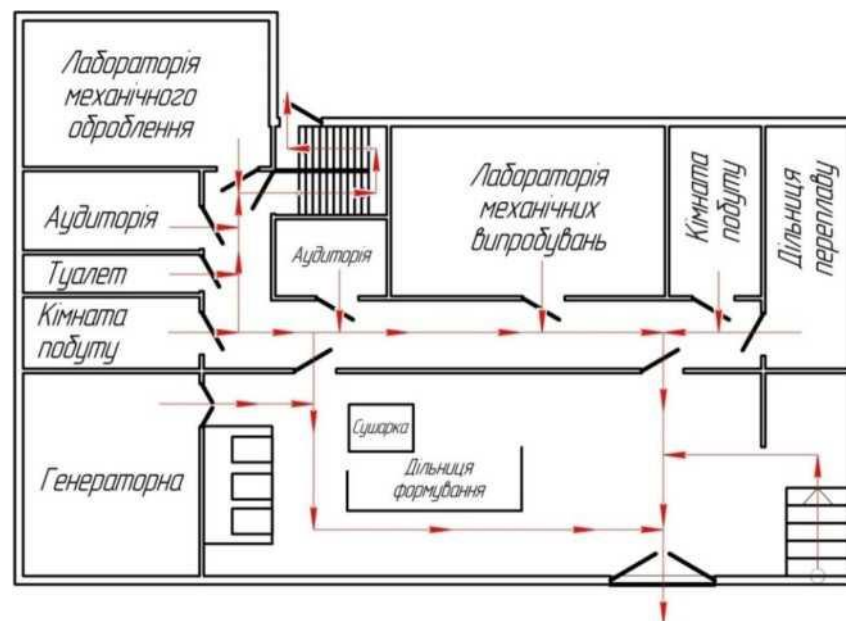


Рисунок 4.2 - План евакуації

Для виклику пожежної команди в цеху встановлено телефон.

Отже, лабораторія за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії В, клас II. Для забезпечення пожежної безпеки

ливарної лабораторії її оснащують відповідним обладнанням: вогнегасниками, комбінованим оповісником, пожежним інвентарем тощо.

4.3.2 Надання першої медичної допомоги при опіках

При наданні першої допомоги при опіках, теплових ударах слід швидко припинити дію високої температури. Це має особливо велике значення при займанні одягу. Необхідно загасити полум'я, негайно накинути на людину, що горить, будь-яку цупку тканину, щільно притиснути її до тіла. Знімають тліючий одяг або обливають його водою.

При промоканні одягу гарячою водою його також необхідно облити холодною водою або зірвати, швидке занурення обпеченого обличчя у холодну воду зменшує біль і тяжкість опіку.

Опіки бувають трьох ступенів. При опіках першого ступеня з'являється почервоніння, припухлість шкіри. Уражені місця обробляють спиртом, прикладають примочки з розчину перманганату калію і забинтовують. При більш тяжких опіках (II та III ступенів) обпечені місця спочатку звільняють від одягу, накривають стерильним матеріалом, зверху накладають шар вати і забинтовують. Після перев'язування потерпілого направляють у лікувальний заклад. При опіках не слід

розрізати пухирів, видаляти смолистих речовин, що прилипли до обпеченого місця, віддирати шматків одягу, які прилипли до рани.

При опіках очей електричною дугою роблять холодні примочки з розчину борної кислоти, потім потерпілого направляють у медичний заклад.

При появі різних ознак теплового або сонячного удару потерпілого негайно виводять на свіже повітря або в тінь, потім його кладуть, розстібають одяг, що стискує, на голову і серце кладуть холодні компреси, дають пити у великій кількості холодну воду, у тяжких випадках потерпілого обливають холодною водою.

При припиненні дихання або його утрудненні до прибуття лікаря потерпілому роблять штучне дихання.

4.4 Висновки

Проведено аналіз умов праці при внутрішньоформенному модифікуванні при виробництві двошарових виливків з різнорідних чавунів.

Встановлено що організація робочих місць, освітлення, мікроклімат приміщення, рівень шуму та вібрації, електромагнітні та інфрачервоні випромінювання відповідають санітарним нормам і не перевищують допустимих норм.

Джерел випромінювань, таких як: лазерне, іонізуюче - немає.

Електробезпека забезпечує захист людей від впливу електричного струму. Пожежна безпека містить комплекс заходів щодо попередження виникнення пожежі і міри боротьби з виникаючими пожежами.

Виявлено шкідливі і небезпечні виробничі фактори під час виконання робіт.

Проведено перевірочні розрахунки природного та штучного освітлення, розраховано значення інтенсивності теплового опромінення при внутрішньоформенному модифікуванні при виробництві двобічних виливків з різнорідних чавунів з використанням механічної перегородки. Розроблено інструкцію з охорони праці при виконанні ливарних робіт.

Проведено аналіз надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути у ливарному цеху та розроблено заходи щодо надання першої медичної допомоги при опіках.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Науково–технічна актуальність теми дослідження

Прискорений розвиток техніки вимагає розробки матеріалів з покращеними характеристиками. Підвищуються температурні умови експлуатації виробів, зростають питомі навантаження та агресивність робочого середовища. Гостро стоїть питання про збільшення міцності конструкцій, а також підвищення надійності, довговічності та стабілізації їх властивостей.

Однією з актуальних наукових і прикладних проблем сучасного матеріалознавства та лиття є розробка нових матеріалів, що інтенсивно зношуються. Переважно зношенню піддається не вся відповідна деталь машини, а тільки та її частина, яка безпосередньо контактує з абразивом, тобто робочий шар, або окремий виконавчий елемент, а інша частина деталі руйнується, хіба що, від непередбачуваних аварійних ударних навантажень і виконує функцію підкладки для робочої частини, серцевини, монтажної матриці для кріплення всієї деталі або механізму. У таких випадках до властивостей матеріалу в окремих локальних частинах монодеталі висуваються різні, іноді протилежні, несумісні вимоги. Частіше за все такі вимоги формують за популярним широковідомим принципом: «тверда зносостійка робоча поверхня – м'яка ударостійка серцевина». Типовими представниками промислових двошарових деталей є: зубчасті колеса, шестерні, зірочки ланцюгових передач, тягові рогаці, канатотягові шківи, тощо.

Для роботи таких деталей в особливо жорстких умовах експлуатації для підвищення абразивної стійкості робочого шару застосовують леговані білі чавуни. Типовим у цьому відношенні є хромонікелевий чавун «ніхард», що вміщує до 6,5% нікелю та до 9,0% хрому [2].

Такий чавун має високу твердість і міцність завдяки мартенситній структурі.

Значне підвищення механічних властивостей, особливо ударної в'язкості,

дозволяє використовувати валки з серцевиною з високоміцного чавуну [3].

У наш час із різноманіття існуючих способів отримання двошарових виливків можливо виділити основні групи, що характеризуються спільністю технологічних прийомів, а саме:

- заливання одного чавуну в металеву форму або ливарну піщано-глинясту форму з вмонтованим у неї холодильником;
- заливання вихідним чавуном у ливарну форми крізь дві незалежні ливникові системи;
- промиванням рідкого залишку;
- напівпромиванням рідкого залишку;
- відцентрове литво з пошаровим заливанням оберткової виливниці різнорідними чавунами; – послідовне заливання ливарної форми різними чавунами крізь дві незалежні ливникові системи з паузою між заливаннями;
- заливання в загальну ливарну форму різних чавунів з розділовою перегородкою.

Метою даної роботи є дослідження щодо перевірення можливості практичної реалізації та особливостей способу виготовлення двошарових виливків в піщано глинястій формі з вмонтованою металевою частиною (зовнішнім холодильником) сфероїдизувальним модифікуванням чавуну евтектичного складу в ливниковій системі ливарної форми. Головними причинами виникнення такого браку може бути: недотримання технологічного процесу, невідповідність складу та якості шихтових матеріалів, діючим стандартам, низька культура виробництва.

5.2 Мета і завдання НДР

Метою даної роботи було розроблення технології отримання чавунних виливків з диференційованими властивостями.

Завданням даної роботи було:

- опрацювання фахових публікацій з даного напрямку;
- розробка методики проведення дослідження;
- виготовлення і оброблення зразків;

- дослідити процеси утворення двошарового виливка за обраним способом;
- дослідити структуру та фазовий склад зразків;
- дослідження властивостей;
- формулювання висновків по роботі та надання відповідних рекомендацій.

5.3 Розрахунок планової собівартості проведення дослідження

Робота виконувалася на кафедрі ливарного виробництва КПП імені Ігоря Сікорського.

Планова кошторисна вартість (собівартість) НДР розраховувалась по наступних статтях витрат:

- заробітна плата науково–дослідницького персоналу;
- єдиний соціальний внесок;
- вартість матеріалів, необхідних для виконання НДР;
- вартість спеціального обладнання для проведення експерименту;
- інші прямі невраховані витрати;
- накладні витрати.

5.3.1 Визначення заробітної плати науково-дослідницького персоналу

Розрахунок заробітної плати науково-дослідницького персоналу базується на визначенні трудомісткості робіт окремих виконавців та їхньої денної заробітної плати (враховуючи кількість виконавців, їхню кваліфікацію і завантаженість роботою на різних етапах НДР).

У виконанні нашої НДР приймали участь чотири виконавці доцент, кандидат технічних наук; асистент викладача, без наукового ступеню; інженер-дослідник (магістр) та технік 1 категорії. Для кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» місячні посадові оклади заробітної плати складають:

- доцент, кандидат технічних наук – 12052 грн.;
- асистент викладача, без наукового ступеню – 9832 грн.;
- інженер-дослідник (магістр) – 0 грн.;
- технік 1 категорії – 5209 грн.

Денна заробітна плата кожного з виконавців визначається як місячна заробітна плата, поділена на середню кількість днів у місяці, що при п'ятиденному робочому тижні становить 21,2. Таким чином, величина денної заробітної плати виконавців складає для:

- доцент, кандидат технічних наук – 568,49 грн.;
- асистент викладача, без наукового ступеню – 463,77 грн.;
- інженер-дослідник (магістр) – 0,00 грн.;
- технік 1 категорії – 245,7 грн.

У випадку відсутності відповідних розрахункових методик трудомісткість різних етапів виконання НДР встановлюється на базі експертних оцінок, які дають провідні фахівці. При цьому НДР розглядається як сукупність макроетапів, аналіз кожної окремої операції не проводиться. Результати експертної оцінки трудомісткості етапів НДР наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Трудомісткість макроетапів виконання НДР

Макроетапи дисертації	Трудомісткість, людино – дні			
	доцент, кандидат технічних наук	асистент викладача, без наукового ступеню	інженер- дослідник (магістр)	технік 1 категорії
1. Аналіз фахових публікації за темою	6	7	28	–
2. Обґрунтування мети та напрямів	2	1	11	–
3. Розробка методики проведення досліджень	3	2	14	8
4. Дослідження шліфів	–	1	20	14
5. Розробка технології	8	6	31	18
6. обговорення отриманих результатів	5	2	12	–
Всього	24	18	116	30

Величина заробітної плати виконавців (ЗП) обчислюється як сума добутків трудомісткості і денної заробітної плати кожного з них:

$$\text{ЗП} = 24 \cdot 568,49 + 18 \cdot 463,77 + 116 \cdot 0 + 30 \cdot 245,7 = 29362,62 \text{ грн.}$$

5.3.2 Визначення розміру єдиного соціального внеску

Згідно з діючим законодавством єдиний соціальний внесок складає 22,0 % від заробітної платні.

$$B_c = 0,22 \cdot 29362,62 = 6459,77 \text{ грн.}$$

5.3.3 Визначення вартості матеріалів і напівфабрикатів для виконання НДР

Для виготовлення експериментальних зразків були необхідні наступні матеріали: чавун Л2, рідке скло, ФсМг7, VL63 (М). Дані про вартість перелічених матеріалів наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вартість основних матеріалів

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Чавун Л2	кг	150	36	4650
Рідке скло	кг	1	32	32
Модифікатор ФсМг7	кг	3	52	156
Модифікатор VL63 (М)	кг	3	73	219
Всього				5057

Транспортно-заготовні витрати приймаємо у розмірі 10 % від вартості матеріалів, тоді загальна вартість використаних матеріалів (C_m) складає:

$$C_m = 5057 \cdot 1,1 = 5562,7 \text{ грн}$$

5.3.4 Визначення вартості спеціального обладнання і приладів

При виконанні НДР усі роботи проводилися з використанням лише наявного обладнання на кафедрі ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського.

5.3.5 Визначення вартості робіт і послуг сторонніх організацій

У виконанні даної НДР сторонні організації участі не приймали.

5.3.6 Визначення витрат на службові відрядження

Усі роботи, пов'язані з виконанням НДР за даною темою, проведені на кафедрі ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського. Окремі службові відрядження не планувались.

5.3.7 Визначення інших прямих неврахованих витрат

Інші прямі невраховані витрати ($C_{\text{інш}}$) плануються у розмірі 10 % від врахованих.

$$C_{\text{інш}} = 0,1 \cdot (29362,62 + 6459,77 + 5562,7) = 4138,5 \text{ грн.}$$

5.3.8 Визначення накладних витрат

До накладних витрат (H_B) відносяться витрати на заробітну плату адміністративно-управлінського, господарчого та допоміжного персоналу (разом з єдиним соціальним внеском), витрати на допоміжні виробництва, видатки на охорону праці, техніку безпеки та екологію, фінансування підготовки кадрів, воєнізованої охорони і деякі інші.

Норматив відрахувань на накладні витрати на кафедрі ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського встановлений в розмірі 20 % планової суми прямих витрат по темі НДР. Розраховуємо величину накладних витрат наступним чином:

$$H_B = 0,2 \cdot (29362,62 + 6459,77 + 5562,7) = 8277,01 \text{ грн.}$$

5.3.9 Визначення планової кошторисної вартості НДР

Таблиця 5.3 – Калькуляція планової кошторисної вартості НДР за темою

Найменування калькуляційних статей	Позначення	Сума	
		грн.	%
1. Загальна заробітна плата	ЗП	29362,62	54,57
2. Єдиний соціальний внесок	Вс	6459,77	12
3. Матеріали, необхідні для виконання НДР	С _м	5562,7	10,33
4. Спеціальне обладнання для наукових робіт	С _{об}	–	–
5. Робота і послуги сторонніх організацій	С _{стор}	–	–
6. Витрати на службові відрядження	С _{від}	–	–
7. Інші прямі невраховані витрати	С _{інш}	4138,5	7,69
8. Накладні витрати	Нв	8277,01	15,38
Всього		53800,6	100

Планова кошторисна вартість НДР визначається як сума витрат за окремими статтями вартості. Результати визначення вартості наведені у таблиці 5.3.

Згідно з таблицею 5.3 загальна планова кошторисна вартість НДР складає:

$$V_{\text{НДР}} = 53800,6 \text{ грн.}$$

5.4 Визначення очікуваних результатів НДР та розрахунок показників економічної ефективності

Дослідження, що проводяться в даній роботі, мають пошуковий та

теоретичний характер. Відповідно з цим прямий розрахунок очікуваного річного економічного ефекту надзвичайно складний, оскільки відсутні повні дані відносно сфери використання результатів роботи, а також вихідні дані для розрахунку одночасних та поточних витрат. У такому випадку слід використовувати бальну систему оцінки економічної ефективності за наступними показниками:

- важливість розробки;
- можливість використання результатів;
- теоретичне значення та рівень новизни дослідження;
- складність отриманої розробки.

Частку сумарного річного економічного ефекту, що утвориться за кожною з перелічених шкал, позначають умовно відповідним номеру шкали коефіцієнтом (K_1 , K_2 , K_3 , K_4). Наведемо докладніше систему оцінки за кожною шкалою. Першою розглянемо шкалу важливості розробки.

Коефіцієнт K_1 може приймати наступні значення:

- ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів - 1 бал;
- робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво - 3 бали;
- робота являє собою частину відомчої програми - 5 балів;
- робота являє собою частину комплексної міжвідомчої програми з елементами впровадження результатів - 7 балів;
- робота є частиною міжнародної комплексної програми - 8 балів.

Коефіцієнт K_2 може приймати такі значення:

- результати розробки можна використати тільки в даному підрозділі - 1 бал;
- результати розробки можуть бути використані тільки однією організацією - 3 бали;

— результати розробки можуть бути використані багатьма організаціями - 5 балів.

— результатами розробки можуть користуватися споживачі в межах однієї галузі - 8 балів;

— результатами розробки можуть користуватися споживачі в різних галузях - 10 балів.

Коефіцієнт K_3 може приймати такі значення:

— робота являє собою аналіз, узагальнення або класифікацію відомої інформації, подібні результати раніше були відомі в досліджуваній галузі - 2 бали;

— під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів - 3 бали;

— внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів - 5 балів;

— внаслідок виконання НДР створені нові теорії, методики або що-небудь подібне - 6 балів;

— отримана інформація формує принципово нові уявлення, які не були відомі раніше - 8 балів.

Коефіцієнт K_4 може приймати такі значення:

— роботу виконує один підрозділ, витрати до 10000 гривень - 1 бал;

— роботу виконує один підрозділ, витрати від 10000 до 50000 гривень - 3 бали;

— роботу виконує один підрозділ, витрати від 50000 до 100000 гривень - 5 балів;

— робота виконується багатьма підрозділами, витрати від 100000 до 200000 гривень - 7 балів;

— робота виконується багатьма організаціями, витрати більше 200000 гривень - 9 балів.

Бальна оцінка економічної ефективності даної науково-дослідної роботи наведена у табл. 5.4.

В нашому випадку бальна оцінка ефективності (Б) (згідно табл. 5.4) становить:

$$Б = 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 5 = 375$$

Таблиця 5.4 - Бальна оцінка ефективності НДР

Показники оцінки ефективності	Умовне Позначення	Характеристика даної розробки	Кількість Балів
1. Важливість розробки	K_1	Робота являє собою частину відомчої програми	5
2. Можливість використання результатів розробки	K_2	Результати розробки можуть бути використані багатьма організаціями	5
3. Теоретична значимість та рівень новизни розробки	K_3	Отримання нової інформації, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів та була невідома раніше	3
4. Складність дослідження	K_4	Робота виконується одним підрозділом, витрати до 100000грн.	5

Умовний річний економічний ефект науково-дослідницької роботи ($E_{\text{НДР}}^y$) визначається :

$$E_{\text{НДР}}^y = 500 \cdot B \cdot E_{\text{Н}} \cdot V_{\text{НДР}} \quad (5.1)$$

де 500 - умовна вартість одного балу, грн.;

$E_{\text{Н}}$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності ($E_{\text{Н}} = 0,15 \div 0,50$, для нашого розрахунку обираємо $E_{\text{Н}} = 0,25$);

$V_{\text{НДР}}$ - витрати на виконання НДР (планова річна кошторисна вартість виконання НДР, для нашого розрахунку $V_{\text{НДР}} = 45396,11$ грн.).

Таким чином, умовний економічний ефект відповідно (5.1) становить:

$$E_{\text{ндр}}^y = 500 \cdot 375 \cdot 0,25 \cdot 53800,6 = 174049,85 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності :

$$E_{\text{НДР}} = E_{\text{НДР}}^y / V_{\text{НДР}} \quad (5.2)$$

$$E_{\text{НДР}} = 174049,85 / 53800,6 = 3,23$$

Отримана розрахункова величина коефіцієнта економічної ефективності НДР ($E_{\text{НДР}} = 3,23$) свідчить про доцільність виконання даної роботи.

5.5 Висновки до розділу 5

1. Розрахована планова кошторисна собівартість проведення даної НДР з урахуванням всіх видів витрачених ресурсів.

2. Обґрунтована актуальність та економічна доцільність проведення даної роботи.

6 БІЗНЕС–ПРОЕКТ

6.1 Склад команди

Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Інженерно-фізичний факультет. Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів.

Лідер команди:

Кошіль А.В. (студент)

Генератор ідей:

Фесенко М.А. (к.т.н., доцент)

Опонент:

Ямшинський М.М. (к.т.н., доцент)

Маркетолог:

Лук'яненко І.В. (асистент)

Технолог:

Погребняк І.О. (студент)

6.2 Назва проекту

«Модифікування розплаву чавуну у ливарній формі при виробництві двошарових виливків з поетапним заливанням»

6.3 Короткий опис проекту

Застосування розробленої технології виготовлення композиційних виливків із вихідного білого чавуну, вирішує наступні задачі:

- зниження числа плавильних агрегатів з двох до одного;
- не потрібно використовувати дорогі легувальні компоненти ;

— підвищення економічної ефективності використання чавуну.

Дана технологія дозволяє суттєво підвищити рівень виробництва виливків, зникає необхідність у використанні первинних матеріалів під час шихтування.

Основне застосування – двошарові зносостійкі деталі.

6.4 Бізнес-модель

6.4.1 Цінний продукт

- Технологія виготовлення композитних деталей із вихідного білого чавуну;
- налагодження технологічного процесу;
- ножі;
- зуби ковша екскаватора;
- вагонні колеса;
- шестерня;
- біла молоткових дробарок;
- щока дробарки;
- за індивідуальним замовленням;
- сервіс.

6.4.2 Сегмент споживачів

Працюючі компанії виготовлення деталей із залізо-вуглецевих сплавів:

- ПАТ «Полтавський турбомеханічний завод»
- ТОВ «Білоцерківський ливарний завод»;
- ФІЛІЯ «Дарницький вагоноремонтний завод» публічного акціонерного товариства – «Українська залізниця»;
- ТОВ «Красилівський ливарний завод»;
- ПрДТ «Вишнівський ливарно-ковальський завод».

6.4.3 Канали збуту

Використовуються прямі канали збуту. Безпосередній контакт з потенційними покупцями через візити на підприємства та презентації товару. Контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції. Збут через інтернет-ресурси (інтернет-магазин).

6.4.4 Взаємодія із споживачами

З конкретним споживачами - особисті контакти, по телефону, електронній пошті. Застосування програм лояльності.

Із потенційними споживачами - підтримка інформаційних інтернет-ресурсів: сайт проекту, блог новин проекту, виставки, конференції.

6.4.5 Прибуток (монетизація)

Отримання прибутку від продажу технології виготовлення поршнів, налагодження технологічного процесу та подальшого сервісу.

6.4.6 Ключові види діяльності

- 1) Наукова діяльність.
- 2) Розробка технології.
- 3) Маркетингова діяльність.

6.4.7 Ключові ресурси

Технологія виробництва. Охоронні документи (патенти). Науково-технічні працівники.

6.4.8 Ключові партнери

Партнери з надання логістичних послуг - Асоціація «Український логістичний альянс», ТОВ «Авангард логістик».

Партнери з надання маркетингових послуг - ТОВ «Kiev Leading Media», ТОВ «SEO – studio».

Підприємство, яке надає виробничу базу - ТОВ «Ливарні технології», ливарний цех

6.4.9 Витрати

Витрати на оренду промислових потужностей. Витрати на ресурсозабезпечення, логістику, маркетинг, підтримку інтернет-ресурсів.

6.5 Споживчі властивості товару

Використання даної технології дозволяє знизити кількість браку власного виробництва, зниження потреб електроенергії на виготовлення партії виливків. Виробника робить більш конкурентоспроможним на ринку з іншими підприємствами.

6.6 Дослідження ринку

За результатами аналізу існуючого ринку продукції аналогічного призначення можна зробити висновок, що:

- річний світовий обсяг виробництва виробів аналогічного призначення становить близько 150 млн. \$;
- основними матеріалами для виробництва виробів аналогічного призначення є хромонікелевий чавун «ніхард»;
- технології, які використовуються на сьогодні для виробництва виробів

аналогічного призначення програють за показниками економічності та експлуатаційними показниками розроблених технологій.

6.7 Дослідження конкурентного оточення

Вироби аналогічного призначення виробляють підприємства як України так і закордону. Було проаналізовано продукцію підприємств України, країн СНД та КНР, як найбільш вірогідних конкурентів. Переваги нашого продукту за якістю та економічністю наразі дозволяють йому зайняти свою нішу на ринку аналогічних продуктів.

Ймовірні конкуренти:

- В Україні: ТОВ «БІОЛ», ТВД «Булат»;;
- За кордоном Wuxi Liangxin Steel Co, Ltd..

6.8 Маркетингова стратегія просування

Маркетингова стратегія просування проекту складатиметься з:

- просування проекту в мережі інтернет;
- участі у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців;
- зустрічей безпосередньо на підприємствах, які користуються запропонованою продукцією;
- поступовим опануванням ринку України та виходом на міжнародний ринок.

6.9 Елементи фінансового плану

6.9.1 Опис бізнес – проекту

Мета проекту - отримання прибутку шляхом продажу технології

виготовлення композиційних деталей із вихідного білого чавуну.

Актуальність проекту - оскільки існує проблема швидкого руйнування частин обладнання, яке працює в агресивних абразивних умовах, то для її вирішення розробляють нові технології та матеріали, які збільшують тривалість експлуатації обладнання та скорочують кількість технологічних зупинок.

6.9.2 Опис товару/ послуги/ технології

Спосіб виготовлення композитних деталей із вихідного білого чавуну.

6.9.3 Маркетинг та продаж

Цільовий сегмент – B2B. Виробники залізо-вуглецевих сплавів низько-, -середньо, -високо відповідальних виливків на території України та СНД.

Маркетингова стратегія просування проекту включає в себе:

- просування проекту в мережі інтернет;
- участь у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців.

Для продажу застосовуються прямі канали збуту:

- безпосередній контакт з потенційними покупцями;
- збут через інтернет-ресурси.

6.9.4 Фінансовий план

На поточному етапі існування проекту фінансовий план у необхідному обсязі не прораховувався. Однак, розраховано, що заплановані інвестиції для впровадження у виробництво та виробництва готових виробів в межах одного підприємства-виробника становлять:

- оренда промислових потужностей: 10 000 \$
- відпрацювання технології в умовах виробництва: 3 000 \$

—ресурсо-забезпечення: 2 000 \$

—затрати на логістику, маркетинг, з/п: 5 000 \$

Поточна ситуація по проекту:

— проект на стадії відпрацювання та удосконалення технології в лабораторних умовах;

—в наявності є дослідні зразки;

—отримані патенти на корисні моделі.

6.9.5 Резюме

Проект призначений для вирішення проблеми швидкого руйнування частин обладнання, яке працює в умовах абразивних середовищ шляхом підвищення експлуатаційних та економічних характеристик цих частин, виготовлених за розробленою технологією. Заплановані інвестиції для впровадження у виробництво на одному підприємстві становлять 2 000 \$.

Бізнес-модель до даного проекту зображено на рис. 6.1.

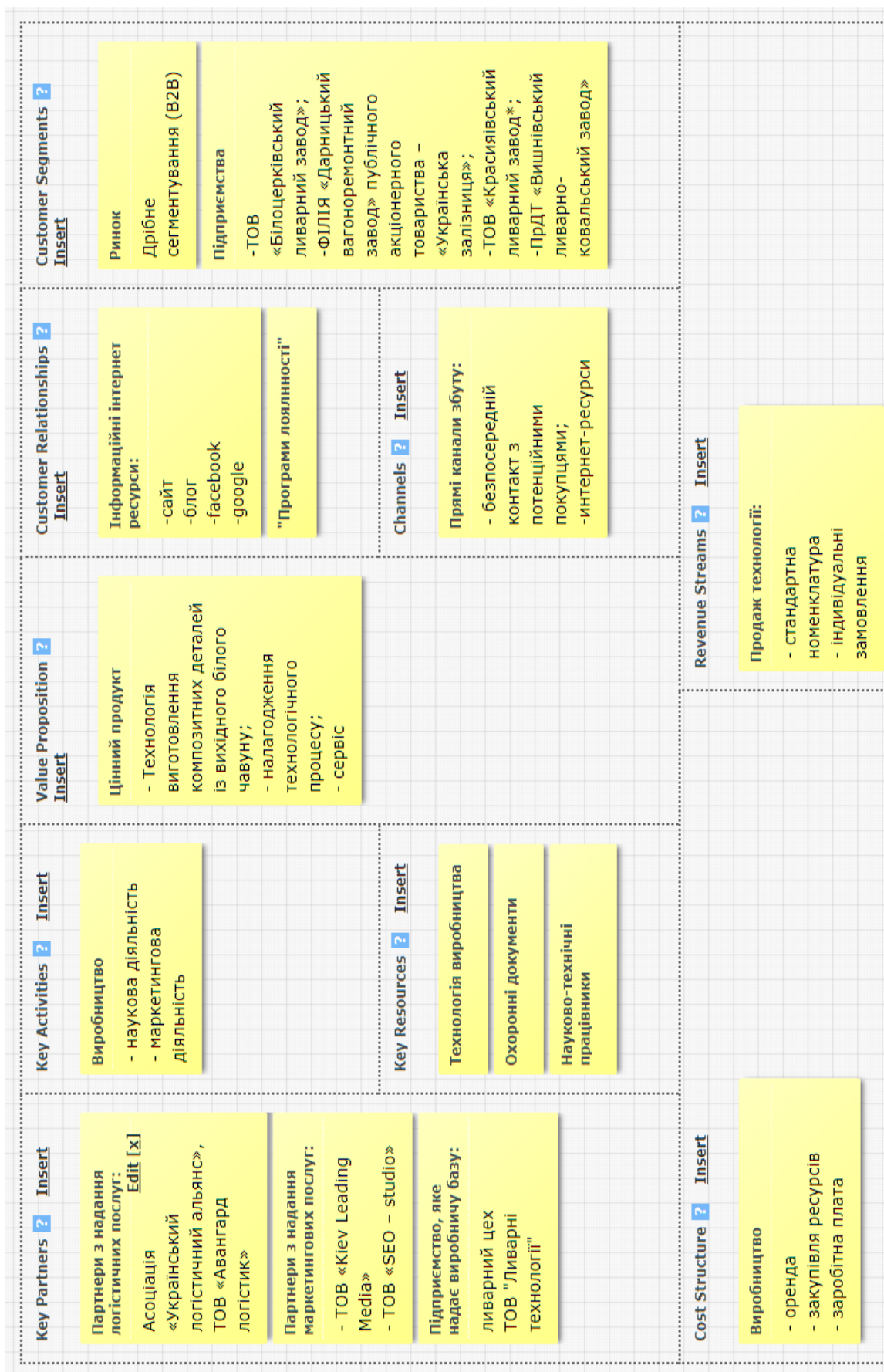


Рисунок 6.1 – Бізнес-модель.

6.10 Висновки до розділу 6

1. В роботі досліджено можливість ринкової комерціалізації проекту.
2. Розроблена технологія є перспективною для впровадження у виробництво оскільки вона економічно вигідніша на відміну від технологій, які представленні на ринку.
3. Визначено загальні напрями використання та проаналізовано ринкові

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для виготовлення виливків з диференційованими властивостями з такого конструкційного матеріалу, як чавун, методи виробництва, які базуються на використанні пластичної деформації не підходять, оскільки чавуни характеризуються високою крихкістю та низькими пластичними властивостями, окрім окремих марок високоміцних чавунів. Для виготовлення матеріалу з диференційованими властивостями із чавуну для роботи в умовах абразивного або ударно-абразивного зношування для подальших досліджень обрано спосіб послідовного заливання ливарної форми через дві незалежні ливникові системи.
2. Спроековано модель експериментальної проби «Брусок».
3. Наведена методика процесу формоутворення при виготовленні експериментальних виливків у піщанно-глинястих формах.
4. Використанні стандартні методи хімічного та термічного аналізу, металографічних досліджень, а також визначення твердості та мікротвердості досліджуваних зразків.
5. Визначено хімічний склад вихідного чавуну схильного до кристалізації за метастабільною системою: 3,0...3,1 % C; 0,45...0,55 % Si; 0,45...0,55 % Mn; до 0,1 % P; до 0,05 % S;
6. Для отримання у виливку шару сірого чавуну з пластинчастим графітом в якості графітизувального модифікатора для внутрішньоформового оброблення розплаву було обрано ФС75, а для отримання високоміцного чавуну з кулястим графітом – ФСМг7
7. Запропоновано та досліджено конструктивно-технологічні варіанти виготовлення двошарових виливків з робочою шаром білого чавуну який складається з включень цементиту у перлітній металевій матриці та матричним шаром із сірого або високоміцного чавуну з пластинчастим або кулястим графітом у перлітній або перліто-феритній металевій матриці відповідно;
8. Досліджено механічні властивості окремих шарів виливка та перехідної зони;

9. Встановлено, що для забезпечення якісної диференціації шарів виливка необхідно витримувати часовий проміжок 60...90 секунд між послідовним заливанням вихідного розплаву чавуну у ливарну форму через незалежні ливникові системи;

10. Встановлено, що використання реакційної камери циліндричної форми та підведення розплаву до торцевої частини виливка забезпечує стабільніші результати отримання виливків із диференційованою структурою та властивостями у порівнянні з кубічною реакційною камерою та підводом до довшої частини виливка;

11. Встановлено, що використання облицювальної суміші із зв'язувальним компонентом рідким склом, попереджує утворення у перехідній зоні виливка дефектів спричинених обсипанням формульвальної суміші в наслідок дії теплового випромінювання дзеркала розплаву на верхню напівформу.

12. Проведено аналіз умов праці при внутрішньоформовому модифікуванні при виробництві двошарових виливків з різнорідних чавунів.

13. Встановлено що організація робочих місць, освітлення, мікроклімат приміщення, рівень шуму та вібрації, електромагнітні та інфрачервоні випромінювання відповідають санітарним нормам і не перевищують допустимих норм.

14. Джерел випромінювань, таких як: лазерне, іонізуюче - немає.

15. Електробезпека забезпечує захист людей від впливу електричного струму. Пожежна безпека містить комплекс заходів щодо попередження виникнення пожежі і міри боротьби з виникаючими пожежами.

16. Виявлено шкідливі і небезпечні виробничі фактори під час виконання робіт.

17. Проведено перевірочні розрахунки природного та штучного освітлення, розраховано значення інтенсивності теплового опромінення при внутрішньоформенному модифікуванні при виробництві двобічних виливків з різнорідних чавунів з використанням механічної перегородки. Розроблено інструкцію з охорони праці при виконанні ливарних робіт.

18. Проведено аналіз надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути у ливарному цеху та розроблено заходи щодо надання першої медичної допомоги при опіках.

19. Розрахована планова кошторисна собівартість проведення даної НДР з урахуванням всіх видів витрачених ресурсів.

20. Обґрунтована актуальність та економічна доцільність проведення даної роботи.

21. В роботі досліджено можливість ринкової комерціалізації проекту.

22. Розроблена технологія є перспективною для впровадження у виробництво оскільки вона економічно вигідніша на відміну від технологій, які представленні на ринку.

23. Визначено загальні напрями використання та проаналізовано ринкові .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карпинос Д. М., Тучинский Л. И., Вишняков Л. Р. Новые композиционные материалы. — К. : Вища шк., 1977.— 312 с.
2. Композиционные материалы с металлической матрицей // Композиционные материалы // Под ред. К. Крейдера.— М. : Машиностроение, 1978.— Т. 4.— 502 с.
3. Слоистые металлические композиции / И. Н. Потапов, В. Н. Лебедев, А. Г. Кобелев и др.— М. : Металлургия, 1986.— 216 с.
4. Многослойная сталь в сварных конструкциях / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, А. К. Цикуленко и др.— К- : Наук, думка, 1984.— 288 с.
5. Тучинский Л. И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки.— М. : Металлургия, 1986.— 208 с.
6. Banh Y. B. Engineering desing of graphite mold castings//ISZA Casting Alloys.—Toronto, 1986.—P. 265—274.
7. Астров Е. И. Плакированные многослойные металлы.— М. : Металлургия, 1965.— 240 с.
8. Электрошлаковый металл / Б. И. Медовар, Л. М. Ступак, Г. А. Бойко и др.— К- : Наук, думка, 1981.— 680 с.
9. Теория и практика процессов получения биметаллических и многослойных отливок. : Сб. науч. тр./ АН УССР. Ин-т пробл. литья.— К., 1987.— 156 с.
10. Новый процесс получения биметалла с коррозионностойким плакирующим слоем / Б. Е. Патон, Ю. А. Стеренбеген, Н. А. Мосендз и др, // Сталь.— 1983.— № 7.— С. 16—17.
11. Повышение качества и снижение металлоемкости центробежного литья : Сб. науч. тр. / АН УССР, Ин-т пробл. литья.— К., 1989.— 112 с.
12. Заявка 53—122621, Япония, МКИ2 В22Д 27/02. Способ изготовления композиционных слитков методом ЭШП.

13. Заявка 56—32070, Япония, МКИЗ В22Д 27/02, В22Д 23/06. Способ изготовления комбинированных слитков литьем с использованием электрошлакового переплава.

14. Структура и свойства металла ВДП / Д. П. Долинин, А. К. Петров, А. А. Тулин и др. // Сталь.— 1983.— № 1. — С. 44—48

15. Суспензионное и композиционное литье: Сб. науч. тр./АН УССР. Ин-т пробл. литья.—К., 1988.— 128 с.

16. Шехтер С. Ям Шварцер А. Я. Наплавка деталей металлургического оборудования : Справ.— М. : Металлургия, 1979.— 224 с.

17. Тяхтер С. Я., Шварцех А. Я. Наплавка деталей металлургического оборудования : Справ.— М. : Металлургия, 1979.— 224 с.

18. Патент №27681 U 2007 07328, В22D27/00. Спосіб виготовлення виливків з дифференційованими властивостями / Фесенко М.А., Косячков В.О. Фесенко А.М. – Заявл. 02.07.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл.№18, 2007.

19. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

20. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

21. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

22. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / За ред. В.Ц. Жидецького.– Львів: Афіша, 2000.– 352с.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ
В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

X Міжнародної науково-технічної конференції

Присвячено 120-річчю

*Національного технічного університету України
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”*

Україна, Київ

2018

Левківський І.С. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗРАХУНКОВОЇ ПЛОЩІ КРИЛА ТА ЗЛІТНОЇ ТЯГИ ДВИГУНІВ ВІД МАСИ КОРИСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ЛІТАКА Ан-124	102
Лисенко Т.В., Тур М.П., Гетьман Т.В. (ОНПУ, м. Одеса) УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ АРМАТУРНИХ ВИЛИВКІВ.....	104
Лисенко Т.В., Козішкурт Є.М., Гетьман Т.В. (ОНПУ, м. Одеса) МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЛИВКІВ З КОЛЬОРОВИХ СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ ЛИТТЯМ ПІД НИЗЬКИМ ТИСКОМ.....	105
Лобачова Г.Г., Іващенко Є.В., Гурська В.М. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ВПЛИВ СКЛАДУ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФОРМУВАННЯ Ti-Cr ТА Cr-Ti ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ НА СТАЛІ 40X13.....	106
Лук'яненко І.В., Кошіль А.В., Фесенко М.А. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДВОШАРОВИХ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ З ОДНОГО ВИХІДНОГО РОЗПЛАВУ	107
Лысенко Т.В., Замятин Н.И., Тур М.П. (ОНПУ, г. Одесса) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛИКОНОВЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЗИН ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ КОКИЛЕЙ ПРИ ЛИТЬЕ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЦИНКА И ОЛОВА.....	108
Лютый Р.В., Деркач Д.О., Мартиненко І.О. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО НОВИХ СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ.....	109
Лютый Р.В., Прилуцький М.І. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ КОНТАКТНОГО ТЕПЛООБМІНУ В ЛИВАРНІЙ ФОРМІ.....	110
Лютый Р.В., Скирденко М.В. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ РІДКИХ ЗАТВЕРДЖУВАЧІВ НА СУМІШІ З ФОСФАТНИМИ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИМИ КОМПОНЕНТАМИ	112
Лютый Р.В., Шейко О.І., Скирденко М.В., Кущерева А.С. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗМІЦНЕННЯ СУМІШЕЙ З АЛЮМІНАТОМ НАТРІЮ	115
Мазорчук В.Ф., Репях С.И., Узлов К.И., Усенко Р.В., Дзюбина А.В. (НМетАУ, г. Днепр) ПОЮЩАЯ БРОНЗА.....	116
Максюта І.І., Квасницька Ю.Г., Михнян О.В., Нейма О.В. (ФТІМС НАН України, м. Київ) ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗЧИНЕННЯ ППС-МОДЕЛЕЙ ПРИ ЛИТТІ У КОМПЛЕКСНОМОДИФІКОВАНІ КЕРАМІЧНІ ФОРМИ.....	119
Малинов В.Л. (ООО «Бюро Веритас», г. Мариуполь) АБРАЗИВНАЯ И УДАРНО-АБРАЗИВНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА СИСТЕМ Fe-Cr-Mn-C И Fe-Cr-Mn-Nb, НАНЕСЕННОГО ПОРОШКОВЫМИ ЛЕНТАМИ.....	120
Малинов Л.С., Бурова Д.В. (ГВУЗ «ЛГТУ», г. Мариуполь) УЛУЧШЕНИЕ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЕЕ НИЗКИХ, ЧЕМ ПРИ ТИПОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ТЕМПЕРАТУР НАГРЕВА ПОД ЗАКАЛКУ И ОТПУСК	121
Малинов Л.С., Бурова Д.В. (ГВУЗ «ЛГТУ», г. Мариуполь) ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧНЫЕ СПОСОБЫ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ И СТУПЕНЧАТОЙ ЗАКАЛКИ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СВОЙСТВ ЗА СЧЕТ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОФАЗНОЙ СТРУКТУРЫ С МЕТАСТАБИЛЬНЫМ АУСТЕНИТОМ.....	122

Лук'яненко І.В., Кошіль А.В., Фесенко М.А.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДВОШАРОВИХ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ З ОДНОГО ВИХІДНОГО РОЗПЛАВУ

E-mail: lukianenkoiv@gmail.com

У промисловості для роботи в умовах інтенсивного зношування значного поширення набувають двошарові чавунні деталі. Прикладами таких деталей можуть слугувати валки прокатних станів, втулки, робочі деталі дробарок, бронефутерувальні плити, склізи для сипких матеріалів, інструмент для ремонтних і будівельних робіт тощо [1].

На сьогодні запропоновано та використовуються багато технологій виготовлення двошарових чавунних виливків з різною структурою та властивостями, найпоширеніші з яких базуються на заливанні у загальну ливарну форму розплавів чавунів різного хімічного складу [2]. Однак, більшість із таких технологій мають суттєві недоліки, які пов'язані з необхідністю використання в цехах декількох плавильних агрегатів для виплавлення розплавів різного хімічного складу. Крім цього, існуючі технології потребують синхронізації процесів підготовки розплавів різного складу та наступного послідовного заливання у ливарну форму.

З метою усунення зазначених недоліків у роботі запропоновано спосіб виготовлення двошарових чавунних виливків з різною структурою та властивостями з одного вихідного розплаву чавуну. Спосіб базується на методі внутрішньоформового оброблення розплаву, сутність якого полягає у послідовному заливанні одного вихідного розплаву чавуну, схильного до кристалізації з вибіленням, через дві незалежні ливникові системи. При заливанні через першу ливникову систему вихідний розплав безпосередньо потрапляє у порожнину ливарної форми. Наступне заливання вихідного розплаву відбувається через другу ливникову систему з реакційною камерою, в якій він проходить сфероїдизувальне модифікування та заповнює іншу частину порожнини форми. При цьому очікується виготовлення чавунних виливків із структурою та властивостями білого чавуну в одній частині та високоміцного чавуну з кулястим графітом – у іншій.

Основною умовою отримання якісних двошарових виливків з різною структурою та властивостями у верхньому та нижньому шарах при їх виготовленні безпосередньо з розплавів є виключення їхнього перемішування в порожнині ливарної форми, що потребує в кожному конкретному випадку встановлення оптимальних режимів лиття та тверднення.

З метою встановлення оптимальних режимів лиття, було застосовано методи комп'ютерного моделювання.

Вихідними даними для моделювання є 3D-моделі виливка з ливниково-живильною системою. Після створення тривимірної моделі об'єкта дослідження, моделювання процесів заливання та формування двошарового виливка в разовій піщаній формі здійснювали із застосуванням програмного пакету для моделювання ливарних процесів.

Об'єктом досліджень вибрано виливок розмірами 240x120x50 мм масою $12 \pm 0,5$ кг.

Моделювання процесу отримання двошарових виливків у разовій піщаній формі здійснювали із заливанням розплаву чавуну через дві автономні ливникові системи, одна з яких забезпечувала підведення розплаву у нижню, а інша – у верхню частину порожнини форми із варіюванням швидкості заливання та температури розплавів. При цьому в експериментах застосовували ливникові системи різної конструкції, а також змінювали їхні параметри (кількість, поперечний переріз та довжину живильників). Заливання другої порції розплаву проводили після різного часового витримання у формі першого залитого розплаву.

Як показали результати комп'ютерного моделювання, при заливанні розплавом ливарної форми через автономні ливникові системи з мінімальним часом витримання

(до 10 с) неможливо отримати виливки з різною структурою та властивостями у верхньому та нижньому їх шарі. Незалежно від конструкцій ливникових систем та їх параметрів, відбувається перемішування розплавів, що призводить до формування однорідної структури та властивостей сплаву у всьому об'ємі виливка.

Для забезпечення у виливків шарів з різною структурою та властивостями, надходження розплавів у нижню та верхню частину порожнини форми повинно здійснюватися послідовно з часом витримування не менше 30...60 с.

Таким чином, за результатами комп'ютерного моделювання визначено оптимальні технологічні умови та розроблено практичні рекомендації для виготовлення дрібних двошарових виливків для роботи в умовах ударно-абразивного зношування.

Література:

1. Гарбер М.Е. Износостойкие белые чугуны: свойства, структура, технология, эксплуатация / М.Е. Гарбер . – М.: Машиностроение, 2010. – 280 с.
2. Литье биметаллических изделий / Под ред. А.А. Снежко. – К.: Институт проблем литья АН УССР, 1976. – 124 с.

Лысенко Т.В., Замятин Н.И., Тур М.П.

(ОНПУ, г. Одесса)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛИКОНОВЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЗИН ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ КОКИЛЕЙ ПРИ ЛИТЬЕ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЦИНКА И ОЛОВА

E-mail: zamyatin@icn.od.ua

Известен метод литья в облицованный кокиль. В качестве материала для облицовочного слоя используют формовочные смеси повышенной текучести: сыпучие на термотвердеющем или холоднотвердеющем связующем, а также жидкоподвижные на самотвердеющем или термотвердеющем связующем. Этот метод литья позволяет получать отливки из чёрных и цветных сплавов. Однако при литье низкотемпературных сплавов на основе цинка и олова, данный метод литья не позволяет получать художественные отливки с высокой чистотой поверхности [1].

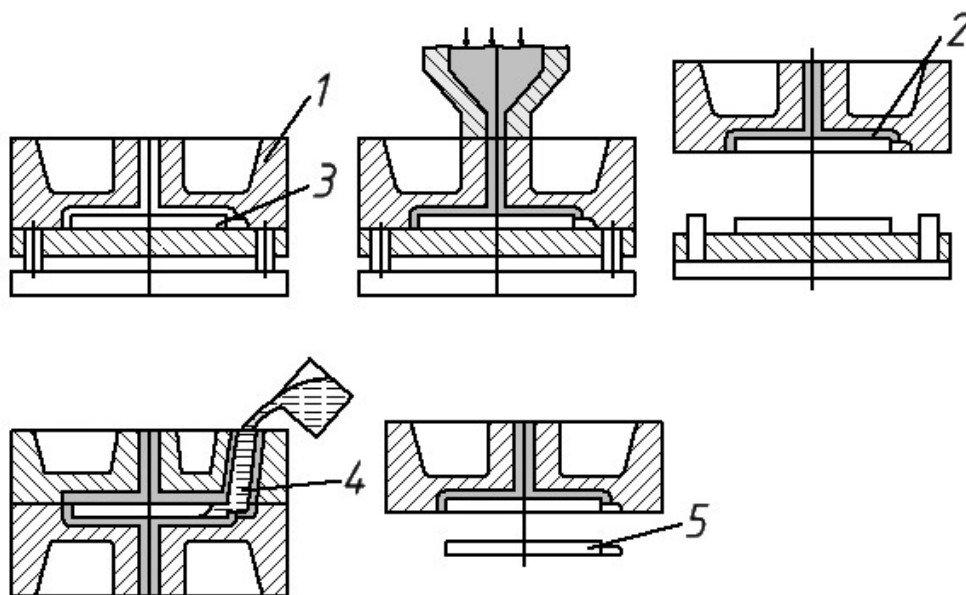


Рис. 1. Схема получения резиновой облицовки